

Aus dem Institut für Zoo- und Wildtierforschung
im Forschungsverbund Berlin e.V.

**Kinetik des Ingestaflusses bei Rehen (*Capreolus capreolus*) und Mufflons (*Ovis ammon musimon*) im
saisonalen Verlauf**

D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung des akademischen Grades

d o c t o r r e r u m n a t u r a l i u m

(Dr. rer. nat.)

im Fach Biologie

eingereicht an der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I
der Humboldt-Universität zu Berlin

von

Diplombiologin Anke Behrend, geb. Deutsch
geboren am 12. Februar 1970 in Schwedt/Oder

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Dr. h. c. H. Meyer

Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I

Prof. Dr. J. P. Rabe

Gutachter: 1. Prof. Dr. A. Elepfandt

2. Prof. Dr. R. R. Hofmann

3. Dr. habil. M. Dehnhard

Tag der mündlichen Prüfung: 15.09.1999

Meinen Eltern



(Aufnahme: Birgit Klein, Dezember 1997)

Was für den einen Nahrung ist, kann für den anderen Gift sein.

(Mahatma Gandhi)

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG.....	8
2 MATERIAL UND METHODEN.....	15
2.1 Ziel und Zeitplan der Versuche.....	15
2.2 Tiere	15
2.2.1 Handaufzucht.....	18
2.2.2 Implantation einer Vormagenkanüle.....	20
2.2.3 Tierhaltung und Fütterung	22
2.3 Witterung	23
2.4 Herstellung der Flüssigkeits- und Partikelmarker	24
2.4.1 Co-EDTA.....	24
2.4.2 Cr-EDTA.....	24
2.4.3 Mit Chrom markiertes Heu	24
2.5 Markerinjektion und Probennahme	25
2.5.1 Markerinjektion und Probennahme bei Rehkitzen und Mufflonlämmern	25
2.5.2 Markerinjektion und Probennahme bei Tieren mit Pansenfistel	25
2.6 Analyse der Kotproben	26
2.6.1 Bestimmung der Co- oder Cr-Konzentrationen im Aqua dest.- „Aufschluß“	26
2.6.2 Bestimmung der Co- und Cr-Konzentrationen im Säureaufschluß.....	26
2.6.3 Analyse der Cr- und Co-Konzentrationen durch Flammen-AAS	28
2.6.4 Berechnung der Retentionszeiten von Flüssigkeit und Partikeln im Gastro-Intestinal-Trakt und im Ruminoretikulum.....	29
2.6.5 Berechnung des Selektivitätsfaktors	31
2.6.6 Berechnung der ausgeschiedenen Kotmengen	32
2.6.7 Berechnung der Menge an unverdaulichem Material im gesamten Magen-Darm-Kanal und im Ruminoretikulum	32
2.7 Analyse des Pansensaftes	32
2.7.1 Bestimmung der Co-Konzentrationen	32
2.7.2 Berechnung der Retentionszeiten und Pansenparameter	33
2.7.2.1 Berechnung der Verweilzeit der Flüssigkeit im Ruminoretikulum....	33
2.7.2.2 Berechnung des Flüssigkeitsvolumens des Ruminoretikulums.....	34
2.7.2.3 Berechnung der Flußrate der Flüssigkeit aus dem Ruminoretikulum	34
2.7.3 Bestimmung der Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft	34
2.7.3.1 Gaschromatographische Bestimmung	34
2.8 Mathematisch-statistische Auswertung der Versuche.....	36

3 ERGEBNISSE	37
3.1 Verweildauer von Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums bei Jungtieren mit Flaschenfütterung	37
3.2 Verweildauer von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Kanal von Rehen und Mufflons im saisonalen Verlauf	39
3.2.1 Mittlere Retentionszeit von Flüssigkeit im Gastro-Intestinal-Trakt	43
3.2.2 Mittlere Retentionszeit von Partikeln im Gastro-Intestinal-Trakt	44
3.2.3 Mittlere Retentionszeit von Flüssigkeit im Ruminoretikulum	45
3.2.3.1 Vergleich der Bestimmung der Verweildauer der Flüssigkeit im Ruminoretikulum über Kot- und Pansensaftproben	45
3.2.3.2 Ergebnisse der Verweilzeitbestimmung für Flüssigkeit im Ruminoretikulum über Kotproben	46
3.2.4 Mittlere Retentionszeit von Partikeln im Ruminoretikulum	47
3.2.5 Beziehung zwischen der Retentionszeit der Partikel und der Verweildauer der Flüssigkeit im Ruminoretikulum	48
3.2.6 Selektivitätsfaktor	49
3.2.7 Mittlere Retentionszeit der Ingesta distal des Ruminoretikulums	49
3.3 Flüssigkeitsvolumen des Ruminoretikulums und Flußrate von Flüssigkeit aus dem Ruminoretikulum	50
3.4 Ergebnisse der Kotmengenbestimmung	52
3.4.1 Veränderung der ausgeschiedenen Kotmengen bei Jungtieren mit Flaschenfütterung	52
3.4.2 Täglich ausgeschiedene Kotmengen bei Rehen und Mufflons im saisonalen Verlauf	54
3.4.2.1 Vergleich der Bestimmung der ausgeschiedenen Kotmenge mit zwei verschiedenen Markern	54
3.4.2.2 Täglich ausgeschiedene Kotmengen im saisonalen Verlauf - bestimmt über die Co-Konzentrationen im Kot	55
3.5 Trockensubstanzgehalt im Kot	56
3.6 Gehalt an unverdaulichem Material im Magen-Darm-Kanal	58
3.6.1 Gehalt an unverdaulichem Material im Gastro-Intestinal-Trakt	58
3.6.2 Gehalt an unverdaulichem Material im Ruminoretikulum	59
3.7 Ergebnisse der Fettsäurenanalyse	60
3.7.1 Veränderung des Gehaltes an kurzkettigen Fettsäuren in Abhängigkeit von der Tageszeit	61
3.7.2 Veränderung des Gehaltes an kurzkettigen Fettsäuren in Abhängigkeit von der Jahreszeit	62
3.7.3 Gehalt an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft im Jahresdurchschnitt	63
3.7.4 Molare Verteilung der kurzkettigen Fettsäuren im Jahresdurchschnitt	64
3.7.5 Verhältnis von Essigsäure zu Propionsäure im Pansensaft	65
3.8 Einfluß von abweichenden Versuchsbedingungen	66
3.8.1 Trächtigkeit	66

3.8.2 Narkosenachwirkungen.....	67
3.8.3 Extrem abweichende Fütterungsbedingungen	68
4 DISKUSSION	69
4.1 Kritische Betrachtung der Methoden	69
4.1.1 Umgang mit den Tieren und Gewinnung von Proben.....	69
4.1.2 Methoden zur Verweilzeitberechnung durch externe Marker	72
4.2 Wertung der Versuchsergebnisse	77
4.2.1 Verweilzeiten von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Kanal von Rehen und Mufflons	77
4.2.1.1 Verweilzeit von Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums bei Jungtieren mit Flaschenfütterung	77
4.2.1.2 Verweilzeit von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Kanal von Rehen und Mufflons in Gehegen mit natürlicher Vegetation.....	78
4.2.2 Selektive Retention von Partikeln im Ruminoretikulum	83
4.2.3 Flüssigkeitsvolumen des Ruminoretikulums.....	85
4.2.4 Flußrate von Flüssigkeit aus dem Ruminoretikulum.....	86
4.2.5 Saisonale Schwankungen im Gehalt an unverdaulichem Material im Gastro-Intestinal-Trakt und in der täglich ausgeschiedenen Kotmenge	86
4.2.6 Trockensubstanzgehalt im Kot	88
4.2.7 Kurzkettige Fettsäuren im Ruminoretikulum.....	89
4.2.8 Einfluß von abweichenden Versuchsbedingungen.....	91
4.3 Zusammenfassende Wertung	92
5 ZUSAMMENFASSUNG	94
6 SUMMARY	96
LITERATURVERZEICHNIS	98

Verzeichnis der Abkürzungen

°C	Grad Celsius
µg	Mikrogramm
µl	Mikroliter
AAS	Atom-Absorptions-Spektroskopie
Abb.	Abbildung
Aqua dest.	Aqua destillata
CaCl ₂	Kalziumchlorid
CeCl ₃	Ceriumchlorid
cm	Zentimeter
Co	Kobalt
CoCl ₂	Kobaltchlorid
Co-EDTA	Kobalt- Ethylendiaminotetraacetat
Cr	Chrom
CrCl ₃	Chromchlorid
Cr-EDTA	Chrom- Ethylendiaminotetraacetat
d	Tag
EDTA	Ethylendiaminotetraacetat
g	Gramm
g	Erdbeschleunigung (9,81 m * s ⁻¹)
GIT	Gastro-Intestinal-Trakt
h	Stunde
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
H ₂ SO ₄	Schwefelsäure
HCl	Salzsäure
HNO ₃	Salpetersäure
i.m.	intramuskulär
IZW	Institut für Zoo- und Wildtierforschung
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht

l	Liter
LiOH	Lithiumhydroxid
m ²	Quadratmeter
mA	Milliampere
mg	Milligramm
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol	Millimol
MRT	Mittlere Retentionszeit (mean retention time)
MW _{Jahr}	Jahresmittelwert
N	normal
n	Anzahl der Tiere
Na ₂ Cr ₂ O ₇	Natriumdichromat
Na ₂ EDTA	Natrium- Ethylendiaminotetraacetat
NaOH	Natriumhydroxid
nm	Nanometer
OP	Operation
PEG	Polyethylenglycol
pH	negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration
RR	Ruminoretikulum
s	Sekunde
SCFA	kurzkettige Fettsäuren (short chain fatty acids)
SD	Standardabweichung
SF	Selektivitätsfaktor
Tab.	Tabelle
TS	Trockensubstanz
U	Umdrehungen
V.	Vena
Vol	Volumen

1 Einleitung

Rehe und Mufflons werden im zoologischen System der Ordnung *Artiodactyla* und der Unterordnung *Ruminantia* zugeordnet. Die systematische Einordnung der beiden Arten in das zoologische System wird in Tabelle 1 gezeigt.

Tab. 1: Systematische Einordnung des Europäischen Rehs und Mufflons in das zoologische System (Stubbe 1997, Tomiczek und Türcke 1995)

Klasse:	Mammalia	
Unterklasse:	Theria	
Teilklasse:	Eutheria	
Ordnung:	Artiodactyla (Paarhufer)	
Unterordnung:	Ruminantia (Wiederkäuer)	
Teilordnung:	Pecora (Stirnwaffenträger)	
Überfamilie:	Cervoidea (Geweihträger)	Bovoidea (Hornträger)
Familie:	Cervidae (Hirsche)	Bovidae (Rinderartige)
Unterfamilie:	Odocoileinae (Trughirsche)	Caprinae (Böcke)
Gattung:	Capreolus (Rehe)	Ovis (Schafe)
Art:	Capreolus capreolus (Rehe)	Ovis orientalis (Wildschafe)
Unterart:	Capreolus capreolus capreolus (Europäisches Reh)	Ovis ammon musimon (Europäisches Mufflon)

Das Verbreitungsgebiet des Europäischen Rehs erstreckt sich von Westeuropa über den Westen Vorderasiens bis zum Ural (Stubbe 1997). Das Europäische Mufflon hat seinen Ursprung im vorderasiatischen Raum, westlich der Linie Kaspisches Meer - Persischer Golf. Das natürliche Verbreitungsgebiet des Wildschafes erstreckt sich von Asien bis Südeuropa. Aufgrund von Ansiedlungen der Mufflons in der freien Wildbahn - die erste Ansiedlung fand 1780 in Norditalien statt - ist es heute auf dem gesamten europäischen Kontinent verbreitet (Tomiczek und Türcke 1995).

Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Wiederkäuer läßt sich wie folgt zusammenfassen (Janis 1976, Van Soest 1994): Im Paläozän und am Beginn des Eozän (vor ca. 65 bis 54 Millionen Jahren) erfolgte die Spaltung der Protungulaten in die *Artiodactyla* (Paarhufer) und die *Perissodactyla* (Unpaarhufer). Die *Ruminantia* (Wiederkäuer) und *Tylopoda* (Schwielensohler) entwickelten sich erstmalig im Oligozän (vor ca. 35 Millionen Jahren). Die frühen Wiederkäuer zeichneten sich durch ein geringes Körpergewicht (ca. 18 kg) und einen kleinen, einfach gebauten Vormagen mit vergrößerter Oberfläche für die Resorption der mikrobiell (vorwiegend amyolytisch) gebildeten kurzkettigen

Fettsäuren aus. Ihre Futtergrundlage waren leichtverdauliche und nährstoffreiche Pflanzenteile der damals bereits vorkommenden Dicotyledonen. Die im Miozän sinkenden Temperaturen führten zu einer Veränderung der Vegetation: zur Ausbreitung der Gräser, deren Pflanzenzellwände cellulosehaltig waren. Für die Erschließung dieses Gerüstkohlenhydrates war eine Veränderung der Verdauungsstrukturen erforderlich. Somit kam es zur Entwicklung von Wiederkäuerfamilien (z.B. *Bovidae*), die sich durch Vergrößerung des Vormagens, Verzögerungsstrukturen und cellulolytische Mikroorganismen im Vormagen zunehmend an die Verdauung von Cellulose anpaßten.

Die rezenten Wiederkäuerarten lassen sich nach ihrer Ernährung und Morphologie des Verdauungssystems in drei Gruppen einteilen (Abb. 1): Konzentratselektierer, intermediäre Wiederkäuer und Gras- und Rohrfutterfresser (Hofmann und Stewart 1972, Hofmann 1989).

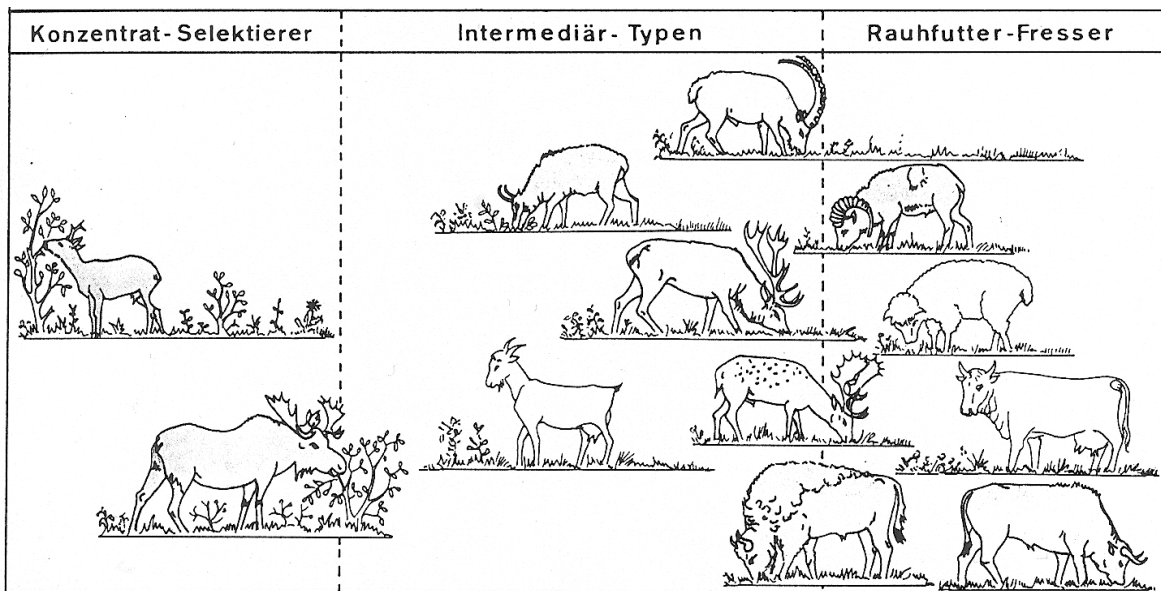


Abb. 1: Die europäischen Wiederkäuerarten und ihre Stellung im System der Ernährungstypen (von links: Reh, Elch, Ziege, Gemse, Rothirsch, Steinbock, Damhirsch, Wisent, Mufflon, Schaf, Rind, Auerochse) (Hofmann und Schnorr 1982)

Die Konzentratselektierer sind die stammesgeschichtlich ursprünglichen Wiederkäuer. Zu dieser Gruppe gehören etwa 40 % aller rezenten Wiederkäuerarten, wie z.B. **Reh** (*Capreolus capreolus*), Elch (*Alces alces*), Kudu (*Tragelaphus imberbis*), Giraffe (*Giraffa camelopardis*) und Weißwedelhirsch (*Odocoileus virginianus*). Die Konzentratselektierer sind angepaßt an die Verdauung von Pflanzen und Pflanzenteilen (Kräuter, Blätter, Knospen), die reich an hochverdaulichen Zellinhaltsstoffen sind (Tixier et al. 1997). Sie haben im Verhältnis zum Körpergewicht einen kleinen Vormagen mit geringer Kapazität und Unterkammerung sowie große Öffnungen zwischen den Vormagenabschnitten (Hofmann 1988), was zu einer schnellen Passagerate und einer kurzen Partikelretentionszeit (Holand 1994) führt. Diese morpho-physiologischen

Charakteristika bieten nur begrenzte Möglichkeiten zur Nutzung langsam verdaulicher Pflanzenfaseranteile. Konzentratselektierer vermeiden daher die Aufnahme von cellulosereichen Pflanzen so weit wie möglich.

Grasfresser stellen die am weitesten entwickelte Gruppe unter den Wiederkäuern dar. Sie machen nur 25 % aller heutigen Wiederkäuerarten aus, z.B. Rind (*Bos taurus*), Schaf (*Ovis ammon*), **Mufflon** (*Ovis ammon musimon*). Grasfresser sind durch den relativ großen Vormagen mit großer Kapazität, Unterkammerung und Verzögerungsstrukturen spezialisiert auf die Verwertung von faserreichen, cellulosehaltigen Pflanzen (z.B. Monokotyledonen) (Hofmann 1989). Diese Verdauungsorgan-Strukturen ermöglichen eine lange Verweilzeit der Nahrung im Vormagen, so daß die Cellulose vom Grasfresser durch eine lang andauernde mikrobielle Fermentation optimal genutzt werden kann.

Zu den intermediären Wiederkäuern zählen ca. 35 % aller lebenden Wiederkäuerarten: z.B. Rothirsch (*Cervus elaphus*), Damhirsch (*Cervus dama*), Gemse (*Rupicapra rupicapra*) und Ziege (*Capra hircus*). Sie nehmen eine anatomisch-physiologische Zwischenstellung ein. Ihre Nahrung besteht soweit verfügbar aus leicht verdaulichen Pflanzen. Sie können sich aber auch relativ schnell im jahreszeitlichen Wechsel der Vegetation an die Verdauung von faserreicheren Pflanzen anpassen (Hofmann 1989).

Von den selektiven zu den grasfressenden Wiederkäuerarten wird die Fähigkeit, Cellulose zu verdauen, größer, wobei die Größe und Unterkammerung des Pansens zunimmt (Hofmann und Schnorr 1982). Das Reh als ursprünglicher Wiederkäuer und Konzentratselektierer verwertet somit Cellulose schlechter als das Mufflon mit ähnlicher Körpergröße als Grasfresser und spezialisierter Celluloseverdauung.

Pflanzen als Nährstoffquelle für Pflanzenfresser bestehen aus Zellwandbestandteilen und Zellinhaltsstoffen. Zu den Zellinhaltsstoffen gehören hauptsächlich Kohlenhydrate (z.B. Monosaccharide, Disaccharide und Stärke, d.h. Polysaccharide), lösliche Proteine und Fette. Zellwandbestandteile sind vorwiegend Hemicellulosen, Cellulose und Lignin. Der Hauptanteil der Nährstoffe wird bereits in den Vormagenabteilungen Pansen (Rumen), Haube (Reticulum) und Blättermagen (Omasum) verdaut, wobei die beim Abbau der Nährstoffe beteiligten Fermente mikrobiellen Ursprungs sind.

Abbau der Zellinhaltsstoffe im Vormagen:

Die Kohlenhydrate (**Monosaccharide, Disaccharide**) werden im Hauben-Pansen-Raum (Ruminoretikulum) unter Bildung kurzkettiger Fettsäuren (SCFA), Methan und Kohlendioxid, abgebaut. Der **Stärke**abbau erfolgt durch mikrobiell gebildete extrazelluläre Amylasen bis zur Maltose. Diese kann unter Bildung von Glucose hydrolytisch gespalten werden oder dem Aufbau bakterieller Polysaccharide dienen.

Die **Proteine** werden durch intrazellulär gelegene Proteinasen der Bakterien und Protozoen im Ruminoretikulum in Aminosäuren gespalten. Diese werden anschließend größtenteils durch bakterielle Desaminasen zu Ammoniak und Ketosäuren abgebaut, wobei aus letzteren kurzkettige Fettsäuren gebildet werden können. Ammoniak wird durch die Pansenwand resorbiert und in der Leber zu

Harnstoff, nichtessentielle Aminosäuren, Glutaminsäure und Glutamin synthetisiert. Der Harnstoff wird zum Teil über die Pansenarterien oder die Speicheldrüsen in den Pansen zurückgeführt, wo er durch Urease zu Ammoniak und Kohlendioxid gespalten wird (ruminohepatischer Kreislauf des Stickstoffs). Die Synthese mikrobieller Proteine erfolgt unter Verwertung von Ammoniak und Aminosäuren.

Die **Fette** werden ebenfalls im Ruminoretikulum mikrobiell verändert, wobei verschiedene Reaktionen ablaufen: Hydrolyse der Fettsäureester durch Lipasen zu Fettsäuren und Glyzerin, das weiter in Propionsäure umgewandelt wird, Hydrierung der ungesättigten Fettsäuren sowie die Synthese bakterieller Fette.

Abbau der Zellwandbestandteile im Vormagen:

Hemicellulosen stellen gemischte Polysaccharide dar, die hauptsächlich aus Uronsäuren, Xylulose, Arabinose und Glucose bestehen. Beim Abbau der in der Zellwand vorkommenden Hemicellulosen (Pentosane) werden zuerst die Arabinose-Seitenketten enzymatisch abgespalten und anschließend die Grundkette (Xylobiose) bis zur Stufe der kurzkettigen Fettsäuren zerlegt. Im Vormagen nicht verdaute Hemicellulosen werden teilweise auch noch im Caecocolon mikrobiell abgebaut.

Lignin ist ein Dehydrierungspolymerisat aus p-Cumarylalkohol, Coniferylalkohol und Sinapylalkohol. Es wird für den Wiederkäuer als unverdaulich angegeben. Van Soest (1994) beschreibt eine scheinbare Verdaulichkeit von Lignin in Gräsern durch Absorption von Phenolen und Ausscheidung über den Urin.

Der Hauptbestandteil der Pflanzenzellwände ist die **Cellulose**. Cellulose ist ein unverzweigtes Polymer aus Glucoseeinheiten, die durch β -1,4-Bindungen miteinander verknüpft sind. Der Celluloseabbau im Ruminoretikulum durch mikrobielle Enzyme (Cellulasen) ist ein zeitaufwendiger und komplexer Vorgang (Lechner-Doll et al. 1991a, Van Soest 1994). Das Cellulase-System besteht aus wenigstens drei Enzymen: Endoglucanasen lösen hydrolytisch die β -1,4-Bindung innerhalb des Makromoleküls und erzeugen große Kettenabschnitte, Exoglucanasen spalten vom Ende der Kette her das Disaccharid Cellobiose ab und β -Glucosidasen hydrolysieren Cellobiose unter Bildung von Glucose. Die Glucose wird von den Mikroorganismen weiter zu kurzkettigen Fettsäuren, Methan und Kohlendioxid abgebaut (Krakow 1992).

Die beim Abbau der Zellinhaltsstoffe und der Zellwandbestandteile gebildeten kurzkettigen Fettsäuren werden im Rumen über die Pansenzotten zum überwiegenden Teil resorbiert, zum Teil durch die Mikroorganismen im Synthesestoffwechsel verwertet und in geringen Mengen in den Labmagen weitergeleitet. Die kurzkettigen Fettsäuren decken beim Wiederkäuer den überwiegenden Teil des Energiebedarfes und werden zur Bildung von Körpermasse herangezogen. Methan wird unter Energieverlust beim Ruktus ausgeschieden.

Für die Verdaulichkeit der organischen Substanz der Pflanzen ist der Gehalt an Cellulose und der Verholungsgrad (Ligningehalt) von maßgeblicher Bedeutung. In der jungen Pflanzenzelle ist Cellulose in den noch wachstumsfähigen Primärwänden unregelmäßig in die stark hydratisierte Matrix eingebettet. Vom Gesamtvolumen der Primärwand nimmt die Gerüstsubstanz nur etwa 10 % ein.

Die Festigkeit der Zellwand wird durch Anlagerung der Sekundärwand, die etwa 90 % Cellulose enthält, erhöht. Im Verlauf der Vegetationsperiode wird dabei in zunehmenden Maße Lignin in das Cellulosegerüst der Zellwände eingelagert. Die Zellwand besteht in den frühen Wachstumsstadien hauptsächlich aus Cellulose. In stark verholzten Pflanzenteilen beträgt der Anteil des Lignins bis zu 25 %. Die Qualität von Pflanzenmaterial (Verdaulichkeit) nimmt mit steigendem Cellulose- und Ligningehalt in der Zellwand ab und verändert sich somit saisonal.

Begrenzende Faktoren für die Nutzung von langsam verwertbaren Zellwandbestandteilen sind die mikrobiell gebildeten Enzyme und die für die Fermentation verfügbare Zeit. Ein effektiver Celluloseabbau kann somit durch eine hohe mikrobielle cellulolytische Aktivität und durch eine lange Verweildauer der Nahrungspartikel in den Fermentationskammern erreicht werden. Die Ursachen der geringeren Celluloseverwertung beim Reh als Konzentratsselektierer im Vergleich zum Mufflon als Grasfresser könnten somit bei einer zu geringen Aktivität der Mikroben, die die celluloseabbauenden Enzyme bilden, liegen oder die Zeit für die Fermentation der Cellulose reicht aufgrund einer kurzen Partikelverweilzeit im Vormagen nicht aus.

Zur Cellulaseaktivität der Mikroben im Vormagen von Rehen wurden bereits Untersuchungen an Material von geschossenen Tieren durchgeführt (Deutsch 1995, Deutsch et al. 1998). Dabei wurde festgestellt, daß der geringe Celluloseabbau beim Reh nicht auf einer generell verminderten Besiedlung der Futterpartikel mit cellulolytischen Keimen im Pansen beruht. In Abhängigkeit des jahreszeitlich wechselnden Nahrungsangebotes treten Schwankungen in der Aktivität der cellulolytischen Enzyme auf. Im Winter war die Cellulaseaktivität deutlich vermindert, obwohl der Gehalt an Cellulose in den aufgenommenen Pflanzen viel höher als zu den anderen Jahreszeiten war. Es wird vermutet, daß Ursachen die stark reduzierte Nahrungsaufnahme der Rehe und der Eiweißmangel in der Nahrung im Winter waren. Zu Vegetationsbeginn konnte eine erhöhte Cellulaseaktivität gemessen werden wahrscheinlich aufgrund erhöhter Aufnahme von eiweißreicher Nahrung, was die Wachstumsbedingungen für die Mikroben verbesserte. Eine Verdauung der Cellulose im Dickdarm, wie das bei Kudus beobachtet wurde (Boomker 1995), kann beim Reh nur geringgradig stattfinden, da die Cellulaseaktivität im Caecocolon wesentlich niedriger (50 %) als im Ruminoretikulum ist.

Da celluloseabbauende Enzyme beim Reh zur Vegetationszeit bei Aufnahme nährstoffreicher Nahrung ausreichend vorhanden sind, müßte die Verweildauer der pflanzlichen Nahrungspartikel im Vormagen für die verringerte Faserfermentation auch eine wichtige Rolle spielen. Erste Messungen zur Passagerate einer partiell mit Fuchsin gefärbten Heurration im Gastro-Intestinal-Trakt bei Rehen im Vergleich zu Schafen wurden von Dissen (1983) durchgeführt. Dabei hatten Rehe eine um 6 Stunden schnellere Hauptausscheidungsphase der gefärbten Partikel als Schafe. Weitere Untersuchungen zur Verweildauer der Ingesta im Magen-Darm-Kanal beim Reh bei Fütterung einer Diät mit guter (Konzentrattfutter) und schlechter Qualität (*Vaccinium myrtillus*) im Sommer und im Winter führte Holand (1994) durch. Bei Fütterung von faserreichen Pflanzen in beiden Saisons war die Verweilzeit von Flüssigkeit und Partikeln und das Volumen an unverdaulichem Material im Verdauungskanal erhöht und die Futteraufnahme

reduziert. Im Winter konnte nur bei Gabe des Konzentratfutters eine längere Retentionszeit der Futterpartikel als im Sommer beobachtet werden. Die Beobachtungen von Dissen (1983) und Holand (1994) unterstützen die Hypothese, daß die Celluloseverdauung beim Reh bei Aufnahme von faserreichem Material aufgrund des relativ kleinen Vormagens und der zu kurzen Passagezeiten im Vormagen nicht ausreichend erfolgen kann.

Die Verweilzeit der Partikel im Verdauungstrakt wird von Faktoren, die von der Tierart und von der Jahreszeit abhängig sind, bestimmt. Morphologische Unterschiede im Bau des Verdauungstraktes zwischen den Ernährungstypen der Wiederkäuer wie Speicheldrüsengröße, Kapazität der Fermentationskammern und Ausbildung von Verzögerungsstrukturen (Ostium reticulo-omasicum) spielen dabei eine große Rolle.

Das Reh hat relativ große Parotisspeicheldrüsen (0,22 % des Körpergewichtes) (Hofmann 1989). Der Parotisspeichel ist klar, serös und proteinhaltig und wird in großen Mengen u. a. für die Neutralisation der über die pflanzliche Nahrung aufgenommenen Tannine produziert. Die Vormagenkapazität ist relativ gering (maximale Kapazität postmortal: 3,5 - 5,0 l, Ingestavolumen: 1,2 - 1,7 l) und das Ostium reticulo-omasicum ist im Gegensatz zu den Grasfressern relativ weit (Duncan et al. 1998). Diese anatomischen Strukturen verursachen eine schnelle Futterpassage (12-22 h) (Holand 1994) und verringern die Fähigkeit, gezielt Partikel im Vormagen zurückzuhalten (selektive Retention).

Beim Mufflon sind im Verhältnis zum Körpergewicht kleinere Parotisspeicheldrüsen ausgebildet (0,05 % des Körpergewichtes) (Hofmann 1989). Im Vergleich zum Reh hat das Mufflon nach Messungen an 11 Mufflons von Drescher-Kaden (1976) sowohl ein größeres maximales Fassungsvermögen des Ruminoretikulums (9,0 - 13,4 l, bei Annahme eines Körpergewichtes von 33 kg) als auch eine größere Panseningestamenge (4,1 - 7,2 kg, bei Annahme eines Körpergewichtes von 33 kg). Weiterhin ist beim Mufflon ein relativ enges Ostium reticulo-omasicum ausgebildet, das zu einer Verzögerung der Nahrungspassage führt. Der anatomische Bau des Verdauungskanal beim Mufflon bietet somit gute Voraussetzungen für eine optimale Fermentation der Nahrung einschließlich der Cellulose.

Der jahreszeitliche Einfluß auf die Retentionszeit der Ingesta besteht in der Veränderung der Qualität und Verfügbarkeit der Pflanzen im Jahresverlauf. Zum Vegetationsende erhöht sich der Fasergehalt in den Pflanzenzellwänden und das Pflanzenwachstum verringert sich. Die zum Winter nur wenig verfügbaren Nahrungspflanzen sind schlechter verdaulich und nährstoffärmer und werden in geringeren Mengen aufgenommen. Der Vormagen ist somit im Winter mit grobstrukturierter Nahrung gefüllt, die aufgrund größerer Partikelgrößen und geringerer Verdaulichkeit eine längere Zeit für den mikrobiellen Abbau benötigt und somit länger im Vormagen verweilt, was wiederum das Ingestavolumen des Ruminoretikulums erhöht. In der Vegetationszeit ist das Nahrungsangebot umfangreicher und leichter verdaulich als im Winter. Erhöhte Nahrungsaufnahmen aufgrund verbesserter Qualität und Quantität (Holand 1994) und eines höheren Energiebedarfs im Frühjahr vergrößern ebenfalls das Ingestavolumen des Ruminoretikulums, verkürzen aber die Verweilzeiten der Ingesta im Magen-Darm-Kanal (Grovmum und Williams 1977).

Das Reh paßt sich an das jahreszeitlich unterschiedliche Nahrungsangebot an. Es zeigt einen saisonalen Rhythmus in der Aktivität. Die Äsungszyklen, die Dauer der Futteraufnahme und der Rumination sind jahreszeitlich sehr unterschiedlich. Ellenberg (1974) beobachtete im Winter 5-6 Aktivitätsphasen, die sich im Sommer auf 8-12 erhöhten. Hingegen nimmt die Dauer der Rumination bei steigender Verdaulichkeit der Pflanzen ab (Lochmann 1961). Die Kapazität des Pansens ist nach der Brunft im Herbst maximal und im späten Winter minimal (Verkleinerung des Pansens um etwa 20 %) (Hofmann et al. 1976, Hofmann 1989). Hingegen erreicht das Panseningestavolumen beim Reh ein Minimum im Sommer und ein Maximum im Winter (Holand 1992). Außerdem beschreibt Hofmann (1985, 1989) Umbauvorgänge am und im Pansen (Verkleinerung der Oberfläche und der Anzahl der Pansenzotten) im Winter bei verringertem Nahrungsangebot als Adaptation an die verringerte Fettsäurenbildung.

Beim Mufflon sind ebenfalls saisonale Veränderungen der Äsungsaktivität beobachtet worden (Bubenik 1959, Stubbe 1975, Langbein et al. 1996 und 1997). Die Äsungsaktivität beim Mufflon ist vorwiegend am Tag. Als Maxima der Futteraufnahme wurden die Stunden nach dem Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang angegeben. Die Ruheperiode in der Nacht wird bis zum nächsten Sonnenaufgang nur durch eine kurze Äsungsperiode unterbrochen. Die Futteraufnahme verläuft entsprechend der Jahreszeit und der damit im Zusammenhang stehenden Tageslänge. Die höchste Bereitschaft zum Äsen liegt vom Mai bis zum September und wird bis zum Februar wieder geringer.

Auf der Grundlage dieser Anpassungen müßte die Kinetik des Ingestaflusses auch saisonalen Schwankungen unterworfen sein. Vergleichende Untersuchungen zur saisonalen Veränderung der Vormagenphysiologie insbesondere zur Ingestakinetik unter Berücksichtigung der verschiedenen Einflußfaktoren sind bisher bei Rehen und Mufflons noch nicht durchgeführt worden.

So ergeben sich folgende Aufgabenstellungen für die vorliegende Arbeit:

- Wie verändern sich die Ingestakinetik und das Ingestavolumen des Ruminoretikulums saisonal beim Reh als ursprünglichem Wiederkäuer (Konzentratselektierer) im Vergleich zum Mufflon als spezialisiertem Celluloseverdauender (Grasfresser)?
- Welchen Einfluß haben diese Änderungen auf die Celluloseverdauung?
- Gibt es eine selektive Partikelretention beim Reh und beim Mufflon? Verändert sie sich saisonal bei Änderung der Nahrungszusammensetzung?

Dabei werden die Schwerpunkte der Untersuchungen in der monatlichen Bestimmung der mittleren Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln im Ruminoretikulum (RR) und im gesamten Gastro-Intestinal-Trakt (GIT) vom Reh im Vergleich zum Mufflon liegen. Weiterhin wird ergänzend eine Analyse der flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft von Rehen und Mufflons durchgeführt.

2 Material und Methoden

2.1 Ziel und Zeitplan der Versuche

Ziel der Untersuchungen war es, die mittlere Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln (< 2 mm Partikelgröße) im Ruminoretikulum und im gesamten Gastro-Intestinal-Trakt beim Reh im Vergleich zum Mufflon zu bestimmen. Das Prinzip der Methode besteht darin, daß handzahmen Tieren Marker über eine Vormagenkanüle eingegeben werden. Die Marker werden im Magen-Darm-Kanal nicht resorbiert und über den Kot wieder ausgeschieden. Die Markerkonzentrationen im Kot haben einen bestimmten Zeitverlauf, was die Berechnung der Ingestaverweilzeiten ermöglicht.

Weiterhin wurden die Konzentrationen von kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft von Rehen und Mufflons ermittelt.

Erste Untersuchungen wurden bereits an Jungtieren im Zeitraum Juni - August 1996, 1997 und 1998 durchgeführt. Voruntersuchungen an Tieren mit Pansenfistel fanden im Juli und August 1996 statt. Zur saisonalen Differenzierung der Ingestakinetik (Hauptversuch) wurde der Untersuchungszeitraum von April 1997 bis Juni 1998 gewählt.

Das Tierversuchsvorhaben wurde beim Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg gemäß Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Februar 1993 angezeigt und durch dieses bestätigt.

2.2 Tiere

Für die Versuche wurden insgesamt 6 Rehe und 5 Mufflons erfolgreich handaufgezogen. Die Mufflonlämmer und zwei Rehkitze wurden auf der Versuchsstation des Instituts für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) in Niederfinow geboren. Drei Rehkitze wurden vom Tierpark Stendal und ein Kitz vom Tierpark Bernau erworben (Tab. 2).

Durch die Handaufzucht wurden die Tiere auf den Menschen geprägt. Analysen zu Auswirkungen der Handaufzucht auf das Verhalten von Rehen (Schmidt-Pauly 1979) und Erfahrungen bei der Aufzucht von Mufflons (Briedermann 1993) zeigten, daß alle männlichen Tiere, die Prägungserscheinungen aufweisen, meistens ab einem Alter von einem Jahr Aggressionen untereinander und gegenüber Menschen zeigen. So wurden die männlichen Rehkitze im Alter von 10 Wochen und die Mufflonwidder mit 10 Monaten kastriert. Danach konnten keine Probleme im Umgang mit den männlichen Tieren festgestellt werden.

Tab. 2: Beschreibung der Versuchstiere

Tierart	Name	geboren	gestorben	Geschlecht	Herkunft
Reh	Ali	25.05.1995	31.10.1997	männlich	Niederfinow
	Bobby	25.05.1995	06.08.1997	männlich	Niederfinow
	Willi	04.06.1996	13.01.1999	männlich	Stendal
	Ulla	04.06.1996		weiblich	Stendal
	Kalle	06.06.1996		männlich	Stendal
	Fritz	12.06.1996		männlich	Bernau
Mufflon	Marie	11.03.1996	07.09.1998	weiblich	Niederfinow
	Sophie	24.03.1996		weiblich	Niederfinow
	Paul	24.03.1996		männlich	Niederfinow
	Tom	17.03.1996		männlich	Niederfinow
	Rocco	02.04.1996	09.04.1998	männlich	Niederfinow

Erste Untersuchungen zur Verweildauer der Ingesta distal des Vormagens wurden an Jungtieren (Tab. 3) während der Handaufzucht in zwei Altersstufen durchgeführt.

Ein Reh (Kalle) war bereits vor der Operation der Fistel so scheu, daß es nicht operiert wurde und für weitere Versuche nicht einzusetzen war. Vorversuche zur Ingestakinetik erfolgten an zwei Rehen mit Vormagenfistel (Ali, Bobby), an denen aufgrund einer Durchfallerkrankung und anschließendem Tod die Versuche zur saisonalen Veränderung der Ingestakinetik nicht vorgenommen werden konnten. Ein Reh ebenfalls mit Zugang zum dorsalen Pansensack (Fritz) konnte auch nicht in die Hauptversuche einbezogen werden, da es nach der Operation nicht mehr ausreichend vertraut blieb. Es konnten letztlich nur noch zwei Rehe (Willi, Ulla) und fünf Mufflons (ein Mufflon ist zwei Monate vor Versuchsende gestorben) im Alter von einem Jahr für die saisonalen Untersuchungen genutzt werden.

Die Mufflonschafe waren während des ersten Versuches im April 1997 hoch tragend. Nach dem Setzen wurden die Lämmer für weitere Handaufzuchten von den Muttertieren getrennt.

Das Gewicht der Tiere zu Beginn (zur Operation) und zum Ende der saisonalen Versuche ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 3: Alter und Gewicht der Versuchstiere zur Bestimmung der Retentionszeit von Flüssigkeit distal des Vormagens in zwei Altersstufen

Tierart	Name	Versuch 1 Alter (Tage)	Versuch 1 Gewicht (kg)	Versuch 2 Alter (Tage)	Versuch 2 Gewicht (kg)
Reh	Ali ¹	26	3,2	68	8,8
	Bobby ¹	26	3,0	68	8,7
	Willi ¹	26	3,9	69	9,7
	Ulla ¹	26	3,6	69	9,1
	Kalle ¹	24	3,3	67	8,2
	Raja ²	36	5,3	75	10,0
	Nitscha ²	36	5,8	75	11,0
	Jimmy ²	29	3,6	68	7,2
Mufflon	Marie ¹	68	11,1	154	19,8
	Sophie ¹	55	10,1	141	20,9
	Tom ¹	62	11,5	148	25,5
	Paul ¹	55	11,0	141	24,9
	Bruno ²	97	15,7	154	20,0
	Flora ²	96	13,6	153	17,5
	Ivan ²	87	11,7	144	15,0
	Moni ²	83	13,0	140	17,5

¹selbst handaufgezogen

²aufgezogen durch Frau B. Klein und Frau K. Lason

Tab. 4: Gewichte der Versuchstiere vor und nach den saisonalen Versuchen

Tierart	Name	Gewicht (kg) Dezember 1996	Gewicht (kg) Juni 1998
Reh	Willi	19,0	25,0
	Ulla	17,5	22,5
Mufflon	Marie	27,5	29,5
	Sophie	28,5	29,5
	Rocco	32,5	
	Tom	34,5	33,0
	Paul	35,5	37,0

2.2.1 Handaufzucht

Wildtiere, vor allem Rehe, sind sehr scheu und haben eine große Fluchtdistanz. Um die Wildtiere für ernährungsphysiologische Untersuchungen intensiver und regelmäßig handhaben zu können, war eine Flaschenaufzucht der Jungtiere erforderlich. Nur mit den handzahmen Tieren konnten Untersuchungen zur Ingestakinetik direkt am Tier unter natürlichen Bedingungen und ohne Sedation durchgeführt werden.

Von Mai bis Juli 1995 erfolgte die Handaufzucht von zwei Rehkitten in der Revierförsterei Störitz. Von März bis Juli 1996 sind fünf Mufflonlämmer und vier weitere Rehkitten in der Versuchsstation des IZW in Niederfinow handaufgezogen worden.

In Abhängigkeit von der Zeit der Prägung erfolgte die Trennung der Mufflonlämmer von den Muttertieren etwa 24 Stunden nach der Geburt, während die Rehkitten erst nach drei bis sechs Tagen von den Ricken getrennt wurden. So hatten die Jungtiere die Möglichkeit, Immunstoffe und Vitamine über die Kolostralmilch aufzunehmen.

Die Jungtiere wurden in kleinen Gehegen (ca. 100 m²) mit einem Zugang zu einer kleinen Holzhütte, in der über dem Heulager eine Wärmequelle (Infrarotlampe) installiert war, untergebracht.

Zur Flaschenfütterung wurden handelsübliche Breisauger mit Ventil und Flaschen zur Säuglingspflege (Nuk) und als Milchnahrung der Milchaustauscher Salvana Lämmerschmelze (Salvana, Elmshorn-Sparrieshoop, Deutschland; Ansatz: 16 g Milchpulver auf 100 ml abgekochtes Wasser; Inhaltsstoffe: 23 % Rohprotein, 25 % Rohfett, 0,1 % Rohfaser, 8 % Rohasche, 1,9 % Lysin, 1,8 % Mineralien, Vitamin A, D3, E) verwendet. Die Milch wurde mit einer Temperatur von 39 - 40 °C gefüttert. Die täglichen Milchgaben wurden nach Fütterungsvorschlägen (Drescher-Kaden 1972, Briedermann 1993) und nach dem individuellen Energiebedarf der Tiere in Abhängigkeit vom Gewicht ermittelt. Die angebotene Milchmenge (Tab. 5) wurde schrittweise beim Reh bis auf 1000 ml · Tag⁻¹ · Tier⁻¹ und beim Mufflon bis auf 1680 ml · Tag⁻¹ · Tier⁻¹ - verteilt auf vier Trinkportionen beim Reh und sechs Milchgaben beim Mufflon - erhöht. Ab der 8. Lebenswoche wurden die Jungtiere allmählich von der Milch entwöhnt, da sie genügend feste Nahrung aufnahmen.

Während der gesamten Aufzuchtperiode wurden den Tieren zusätzlich zur Milch Kälberpellets (Märka, Eberswalde, Deutschland; Inhaltsstoffe: 18 % Rohprotein, 2,8 % Rohfett, 9,2 % Rohfaser, 6,6 % Rohasche, 1,8 % Mineralien, Vitamin A, D3, E), Haferflocken, Heu, frisch geschnittene Laubholzzweige, Wasser, frische Erde und ein Salzleckstein angeboten.

Die sonst bei den Kitten durch die Ricke durchgeführte Nabel- und Analmassage zur besseren Verdauung und zur regelmäßigen Ausscheidung des Kots und Urins wurde nach jeder Milchgabe mit der Hand vorgenommen. Bei den Mufflonlämmern war diese Massage nicht notwendig.

Tab. 5: Angebotene Milchmengen und Trinkportionen zur Aufzucht von Rehen und Mufflons

Lebens- tag	Lebens- woche	Reh Trinkportionen je Tag	Reh Milchmenge (ml * d ⁻¹) je Tier	Mufflon Trinkportionen je Tag	Mufflon Milchmenge (ml * d ⁻¹) je Tier
1	1	7	210	7	210
2	1	7	210	7	350
3	1	7	210	7	400-500
4	1	7	210	7	500-650
5	1	7	280	7	600-800
6	1	7	280	7	700-900
7	1	7	280	7	800-1000
	2	7-6	280-500	6	900-1200
	3	6-5	500-700	6	1100-1400
	4	5	700-900	6	1300-1500
	5	5	900-1000	6	1680
	6	5-4	1000	6	1680
	7	4	1000	6	1680
	8	4	1000	6	1680
	9	4-3	1000-750	5	1400
	10	3-2	750-500	4	1200

2.2.2 Implantation einer Vormagenkanüle

Den Tieren (4 Rehe und 5 Mufflons) wurde im Alter zwischen 7 und 10 Monaten in der linken Flanke eine Vormagenkanüle (Silikonmaterial: Gummiwerk Ernst Frölich GmbH, Osterode, Deutschland; Innendurchmesser 10 mm, Außendurchmesser 15 mm) zum dorsalen Pansensack dauerhaft implantiert, um einen permanenten Zugang zum Vormagen zu haben (Abb. 2).



Abb. 2: Reh mit implantierter Pansenfistel

Durchführung der Operation:

Die Immobilisation der Tiere erfolgte über eine Injektion von Ketamin (10 %; Albrecht, Aulendorf, Deutschland) und Xylazin (Rompun; Bayer, Leverkusen, Deutschland) als Mischinjektion i.m. (Tab. 6) mit einem Blasrohr (Dan-Injekt). Anschließend werden die Tiere durch Intubation für die Operation in eine Gasnarkose mit Isofluran (Dosierung nach Wirkung 0,5 - 2,0 Vol% in reinem Sauerstoff) überführt.

Tab. 6: Anästhetika für Reh und Mufflon

	Ketamin (mg * kg ⁻¹)	Xylazin (mg * kg ⁻¹)
Reh	3,5	1,25
Mufflon	3,5	2,5

Die linke Flanke (hinter den Rippenbogen, ca. 20 cm * 20 cm) wurde geschoren, rasiert und desinfiziert. Ein intravenöser Zugang zu der V. jugularis mittels Braunüle und NaCl-Dauertropf wurde gelegt. Nach der Lokalanästhesie (10 ml Lidokain, 2 %) des Schnittbereiches und dem Abdecken des unsterilen Bereiches mit einem OP-Tuch wurde eine zweite Hautdesinfektion durchgeführt.

4 cm hinter dem Rippenbogen und 2 cm unterhalb der Lendenwirbelquerfortsätze beginnend wurden etwa 10 cm senkrecht die Unterhaut, abdominale Muskelschichten, Fascia transversalis und das Bauchfell durchtrennt. Mit Hilfe einer Uterusfaßzange wurde der dorsale Pansensack vorgelagert und mit zwei Darmklemmen ein Pansenabschnitt isoliert. Auf diesem Abschnitt wurde eine Tabaksbeutelnaht (Vicrylfaden) angelegt und anschließend der Vormagen geöffnet. Nach dem Einführen der Pansenkanüle in die Öffnung erfolgte ein einstülpendes Verschließen der Tabaksbeutelnaht und das Anlegen einer zweiten Tabaksbeutelnaht (Vicrylfaden). Zur Stabilisierung der Bauchwand wurde außen auf den Pansen ein mit Penicillin LA getränktes Prostex-Implantat (Durchmesser 4 cm) aufgenäht. Nach der Rückverlagerung des Pansens in die Bauchhöhle wurde der Kanülenschaft durch die Bauchdecke im Winkel zwischen Rippenbogen und Lendenwirbelquerfortsätzen durchgeführt. Das Bauchfell zusammen mit dem Musculus transversalis abdominalis (fortlaufende Kirschnernaht, Catgut 03 metric), die übrigen Muskelschichten (Sultansche Diagonalhefte, Catgut), die Unterhaut (fortlaufende Naht, Catgut) und die Oberhaut (Einzelhefte, Filovet mittelstark) wurden verschlossen.

Die Pansenkanüle wurde durch ein Innenrohr (Gewebe-Kulturröhrchen) mit Schraubverschluß stabilisiert und verschlossen und mit einer Überwurfmanschette mittels Schlauchschelle befestigt (Abb. 3). Nach Wundbehandlung (Pflasterspray) und Infektionsprophylaxe (10 ml Penicillin LA, intramuskulär) wurden die Tiere bis zum Erscheinen erster Stellreflexe mit reinem Sauerstoff versorgt, danach extubiert und, falls in Einzelfällen erforderlich, die $\alpha 2$ -Rezeptorenwirkung des Xylazins mittels Yohimbin (Yohimbine; Sigma, Deisenhofen, Deutschland; 0,3 mg \cdot kg⁻¹; 1%ige Lösung) antagonisiert.



Abb. 3: Implantierte Vormagenfistel

Nach 10 Tagen wurden die Tiere durch Blasrohrinjektion (s.o.) zur Entfernung der Oberhautfäden immobilisiert. Der Sitz der Kanüle wurde während der gesamten Versuchsperiode regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Erste Versuche mit den Tieren konnten drei Monate nach der Implantation der Kanüle durchgeführt werden.

2.2.3 Tierhaltung und Fütterung

Die Tiere wurden auf der Versuchsstation des Instituts für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) in Niederfinow in Gehegen im Gruppenverband gehalten.

Das Rehgehege unterteilte sich in eine Wildwiese (ca. 4000 m²) mit Obstbäumen (*Malus sylvestris*, *Prunus domestica*, *Pyrus domestica*, *Prunus avium*), Nadelbäumen (*Pseudotsuga menziesii*, *Pinus sylvestris*, *Picea abies*) und Sträuchern und in ein separates Gehege (ca. 600 m²) mit gleicher Vegetation, in dem die Markereingabe und die Probennahme erfolgte.

Die Mufflons waren auf einer ca. 1400 m² großen Luzerne-Gras-Wiese (*Medicago sativa*, *Lolium perenne*) mit angrenzenden Laubbäumen (*Salix alba*, *Populus tremula*) und einem Holzunterstand untergebracht.

Zur Gewährleistung der Versuchsdurchführung auch in der Nacht wurde in beiden Gehegen Licht installiert, das nur bei Dunkelheit während der Probennahme in Betrieb war.

Ergänzend zur natürlichen Vegetation erhielten die Tiere je nach Jahreszeit eine Zusatzfütterung (Tab. 6), die einmal täglich zwischen 5⁰⁰ und 7⁰⁰ Uhr erfolgte. Weiterhin wurden den Rehen zur gesamten Versuchszeit frische bzw. getrocknete Laubzweige (*Quercus robur*, *Betula pendula*, *Acer platanoides*, *Salix alba*, *Populus tremula*, *Populus nigra*) und den Mufflons von November bis April Kiefernzweige (*Pinus sylvestris*) ad libitum gereicht. Frisches Wasser stand täglich ad libitum zur Verfügung.

Tab. 7: Zusatzfütterung der Rehe und Mufflons

Futter	Rehe Fütterungs- zeitraum	Rehe Menge (kg * d ⁻¹) je Tier	Mufflons Fütterungs- zeitraum	Mufflons Menge (kg * d ⁻¹) je Tier
Heu	Dez - Mai	ad libitum	Okt - Juni	ad libitum
Kälberpellet	Jan - Dez	0,1	Jan - Dez	0,1
Hafer	Jan - Dez	0,1	Jan - Dez	0,1
Möhren	Okt - April	1	März - April	1
Futterrüben			Okt - Feb	ad libitum
Apfeltrester	Nov - April	0,5		

2.3 Witterung

Während der Versuchsperioden wurden die maximalen und minimalen Temperaturen und die Niederschläge aufgezeichnet (Tab. 8), damit der Einfluß der Witterung auf das Verhalten der Tiere berücksichtigt werden konnte.

Tab. 8: Witterung während der Versuchsperioden

Versuchsperiode	minimale Temperaturen (°C)	maximale Temperaturen (°C)	Niederschlag/ Besonderheiten
01.04.-08.04.1997	-4 bis +6	+2 bis +13	Regen-, Hagel-, Schneeschauer
04.05.-10.05.1997	0 bis +11	+11 bis +20	am 06.05. Gewitter, bedeckt
03.06.-07.06.1997	+10 bis +15	+22 bis +28	Sonne
28.06.-02.07.1997	+16 bis +22	+22 bis +31	Sonne, Gewitter
06.08.-10.08.1997	+15 bis +17	+23 bis +30	Sonne
02.09.-06.09.1997	+15 bis +19	+20 bis +25	Sonne, bedeckt, am 06.09. Schauer
06.10.-10.10.1997	+10 bis +15	+15 bis +20	Sonne, Regenschauer
03.11.-07.11.1997	-3 bis +6	+3 bis +14	Sonne, Regenschauer, Nebel
01.12.-05.12.1997	-3 bis +2	+1 bis +3	bedeckt, Regen- und Schneeschauer
05.01.-10.01.1998	+3 bis +9	+5 bis +11	bedeckt, Dauerregen, Regenschauer, Wind
02.02.-07.02.1998	-11 bis +2	-4 bis +5	8 cm Neuschnee, bedeckt, Tauwetter
02.03.-06.03.1998	-3 bis +6	+5 bis +15	Dauerregen, Regenschauer, Wind
30.03.-04.04.1998	+3 bis +10	+6 bis +18	bedeckt, Dauerregen, Regenschauer, Nebel
04.05.-08.05.1998	+5 bis +13	+10 bis +20	am 04.05. Regen, bedeckt, ab 08.05. Sonne
04.06.-08.06.1998	+13 bis +18	+21 bis +34	Sonne, Gewitter

2.4 Herstellung der Flüssigkeits- und Partikelmarker

Aus einer Vielzahl in der Literatur angegebenen Marker wurden die Flüssigkeitsmarker Cr-EDTA und Co-EDTA und der Partikelmarker Chrom markiertes Heu ausgewählt und nach den von Binnerts et al. (1968) und Udén et al. (1980) beschriebenen Methoden hergestellt.

2.4.1 Co-EDTA

25 g Co(II)acetat \cdot 4H₂O, 29,2 g EDTA und 4,3g LiOH \cdot H₂O wurden in 200 ml Aqua dest. durch Erwärmen gelöst. Nach dem Abkühlen wurde 20 ml H₂O₂ (30%ig) dazugegeben und bei Raumtemperatur 2-3 Stunden stehen gelassen. Nach der Zugabe von 300 ml 95%igem Ethanol wurde die Lösung über Nacht gekühlt und das auskristallisierte Co-EDTA durch Filtrieren von der Lösung getrennt. Der Filtrerrückstand wurde mit 80%igem Ethanol gewaschen und getrocknet (Udén et al. 1980). Die Co-EDTA-Kristalle können nach Bedarf in Aqua dest. gelöst werden. Die Co-Konzentration des verwendeten Flüssigkeitsmarkers betrug $11,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$.

2.4.2 Cr-EDTA

143,88 g CrCl₃ \cdot 6 H₂O und 201 g Na₂EDTA \cdot 2 H₂O (Titriplex III) wurden getrennt in 1000 ml bzw. 1500 ml Aqua dest. durch Erwärmen gelöst. Die beiden Lösungen wurden zusammengebracht und ca. eine Stunde gekocht. Nach 10-15 Minuten erfolgt ein Farbumschlag der Lösung. Nach dem Abkühlen auf Zimmertemperatur wurde ein eventueller Überschuß an EDTA mit 5,88 g CaCl₂ \cdot 2 H₂O (40 mmol) gebunden und mit Aqua dest. auf 3000 ml aufgefüllt. 10N NaOH (ca. 110 ml) wurde für die Einstellung des pH-Wertes auf 6,0 verwendet (Binnerts et al. 1968). Die Cr-Konzentration der Cr-EDTA-Lösung betrug $9 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$.

2.4.3 Mit Chrom markiertes Heu

Das getrocknete Heu wurde mit einer Mühle (Retsch Mühle SM1, Haan, Deutschland) zerkleinert ($< 2 \text{ mm}$ Partikelgröße). Zur besseren Bindung des Markers an die Fasern wurden die löslichen Bestandteile des Heus 4 Stunden bei Zimmertemperatur mit Natrium-lauryl-sulfat ($20 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$) gelöst. Über einem Sieb (1 mm Porengröße) wurden die Partikel mit Wasser und Aceton gewaschen und anschließend bei 65°C im Trockenschrank (Memmert UM 600, Kl.1, Schwabach, Deutschland) getrocknet.

Die Markierung der Partikel erfolgte 24 Stunden bei 100°C in Na₂Cr₂O₇-Lösung, die ein Cr-Äquivalent von 13 % des Partikelgewichtes hat (ca. 33 g Na₂Cr₂O₇ für 100 g Partikel). Das Gefäß wurde dabei mit Aluminiumfolie abgedeckt. Anschließend wurden die Partikel über einem Sieb (1 mm Porengröße) mit Wasser gewaschen, mit Wasser bedeckt und mit Ascorbinsäure (50 % des Partikelgewichtes) eine Stunde inkubiert. Zum Entfernen des überschüssigen Markers wurden die Partikel erneut mit Wasser gewaschen und bei 65°C getrocknet (Udén et al. 1980). Die Cr-Konzentration des Cr-Heus betrug $70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ TS}$.

2.5 Markerinjektion und Probennahme

2.5.1 Markerinjektion und Probennahme bei Rehkitzen und Mufflonlämmern

Zur Untersuchung der Verweildauer der Ingesta distal des Vormagens wurde den Jungtieren in zwei verschiedenen Altersstufen zu einer Flaschenfütterung 5 bis 10 ml Cr-EDTA (45 - 90 mg Cr) als Flüssigkeitsmarker vermischt mit dem Milchaustauscher verabreicht. Anschließend wurde von jedem Tier an den drei folgenden Tagen im Intervall von 2 bis 4 Stunden Kot gesammelt und bis zur Markerbestimmung eingefroren.

2.5.2 Markerinjektion und Probennahme bei Tieren mit Pansenfistel

Die saisonalen Versuche zur Ingestakinetik fanden in einem Zeitraum von 15 Monaten jeweils am Monatsanfang statt. Den Tieren wurde 10 bis 20 ml Co-EDTA (115 - 230 mg Co) als Flüssigkeitsmarker über einen Besamungskatheder und 1 bis 5 g Cr-Heu (70 - 350 mg Cr) in Form einer gefrorenen Stange (\varnothing 10 mm) über die Fistel eingegeben (Abb. 4). Der zur Analyse der kurzkettigen Fettsäuren erforderliche Pansensaft wurde zuvor über die Fistel mit einer Spritze (Vol: 20 ml), die mit einem 30 cm langen Kunststoffrohr (\varnothing 4 mm) mit Bohrungen am unteren Ende verbunden war, entnommen. Nach der Markereingabe wurde über 24 Stunden alle zwei Stunden Pansensaft entnommen und über 5 Tage im Intervall von 2 bis 4 Stunden Kot gesammelt. Pansensaft- und Kotproben wurden bis zur Analyse eingefroren.



Abb. 4: Markereingabe beim Reh

2.6 Analyse der Kotproben

Von allen Kotproben wurde der Trockensubstanzgehalt bestimmt. Dazu wurde die gesamte Probe gewogen (Satorius M, Göttingen, Deutschland), bei 80 °C (BSU 100, MLW Labortechnik, Ilmenau, Deutschland) bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und wieder gewogen. Die Kotproben wurden mit einer Mühle (Krups, KM 75, Solingen, Deutschland) gemahlen (< 1 mm Partikelgröße) und bis zur Markeranalyse in Tüten trocken aufbewahrt.

2.6.1 Bestimmung der Co- oder Cr-Konzentrationen im Aqua dest.- „Aufschluß“

Zur Bestimmung der Konzentrationen der wasserlöslichen Flüssigkeitsmarker im Kot wurde ein Aufschluß mit Aqua dest. durchgeführt. Dazu wurden 0,3 g Probenmaterial mit der Analysenwaage (Satorius MC 1, Göttingen, Deutschland) abgewogen und mit 10 ml Aqua dest. (Dispenser Fortuna Optifix basic 10) vermischt (MS 1 Minishaker, IKA Labortechnik, Staufen, Deutschland). Diese Lösung wurde über Nacht geschüttelt (KS 250 basic, IKA Labortechnik, Staufen, Deutschland) und anschließend 20 min bei $3000 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1}$ (1902g) zentrifugiert (Kühlzentrifuge Hettich Rotana/TCR 4401, Tuttlingen, Deutschland). Im Überstand wurden die Cr- bzw. Co-Konzentrationen durch Atom-Absorptions-Spektroskopie (AAS) bestimmt.

2.6.2 Bestimmung der Co- und Cr-Konzentrationen im Säureaufschluß

Es gibt verschiedene Methoden zur Messung von an organischem Material gebundenem wasserunlöslichen Chrom. Nach Udén et al. (1980) erfolgte die Chrom-Messung durch Neutronenaktivierung (^{51}Cr) in einem Gamma-spektrometer. In Welz und Sperling (1997) sind Trocken- und Naßveraschung zur Analyse von Pflanzenmaterial für die Flammen-AAS beschrieben.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Naßveraschung zur Cr-Bestimmung im Kot mit dem Spektrophotometer für Flammen-AAS optimiert. Hierzu wurden verschiedene Testreihen mit Cr-Heu (Einwaagen je Testreihe: 5, 10, 15 und 25 mg Cr-Heu) unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

- Naßveraschung mit verschiedenen Säuren mit Erhitzen (100 °C): Königswasser (1 Vol 65%ige HNO_3 und 3 Vol 37%ige HCl); HNO_3 (65 %); HCl (37 %); H_2SO_4 (72 %),
- Naßveraschung mit H_2SO_4 (72 %) mit und ohne Erhitzen (100 °C),
- Naßveraschung ohne Erhitzen mit verschiedenen Mengen von H_2SO_4 (72 %).

Die Ergebnisse der Naßveraschungen mit den verschiedenen Säuren zeigten, daß Königswasser und HCl Chrom schlechter lösten als HNO_3 und H_2SO_4 . Die weiteren Testaufschlüsse wurden mit H_2SO_4 durchgeführt, da diese Säure einfach einsetzbar ist und keine nitrosen Gase wie HNO_3 bildet.

Alle Messungen der Testreihen ergaben, daß 72%ige H_2SO_4 für die Naßveraschung am besten geeignet war, wobei 5 ml Reagenz zum Lösen des Chroms genügten und ein Erhitzen während des Aufschlusses nicht erforderlich war.

Zur Optimierung der Methode wurde weiter anhand von Kotproben aus Voruntersuchungen an Rehen getestet, ob sich die Bestimmung von Kobalt im Aqua dest.-„Aufschluß“ von der des Säure-Aufschlusses unterscheidet. Diese Testmessungen zeigten keine Unterschiede zwischen den beiden Methoden zur Probenvorbereitung. So konnten jeweils Cr- und Co-Konzentrationen in der gleichen Säureaufschlußlösung bestimmt werden.

Die Testreihen und die Voruntersuchungen führten zu folgenden Bedingungen für die Analyse der Kotproben:

0,3 - 0,4 g Kot wurde mit 5 ml 72%ige H_2SO_4 (Dispenser Fortuna Optifix solvents, Roth, Karlsruhe, Deutschland) vermischt (MS 1 Minishaker, IKA Labortechnik, Staufen, Deutschland) und über Nacht ohne Erwärmung bei $200 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1}$ geschüttelt (KS 250 basic, IKA Labortechnik, Staufen, Deutschland). Nach der Zugabe von 40 ml Aqua dest. und intensivem Schütteln wurden 20 ml der Lösung filtriert. In dem Filtrat konnten anschließend die Co- und Cr-Konzentrationen atomabsorptions-spektrometrisch gemessen werden. Für die Doppelbestimmung wurden alle Proben zweimal aufgeschlossen.

Zur Charakterisierung der Methode wurde eine lineare Regression (T-Test) über die gemessenen Cr-Konzentrationen für verschiedene Einwaagen von Cr-Heu durchgeführt (Abb. 5) ($t = 65,809$, $p < 0,0001$). Der Variationskoeffizient (VK) betrug für diese 10 Aufschlüsse 6,98 %.

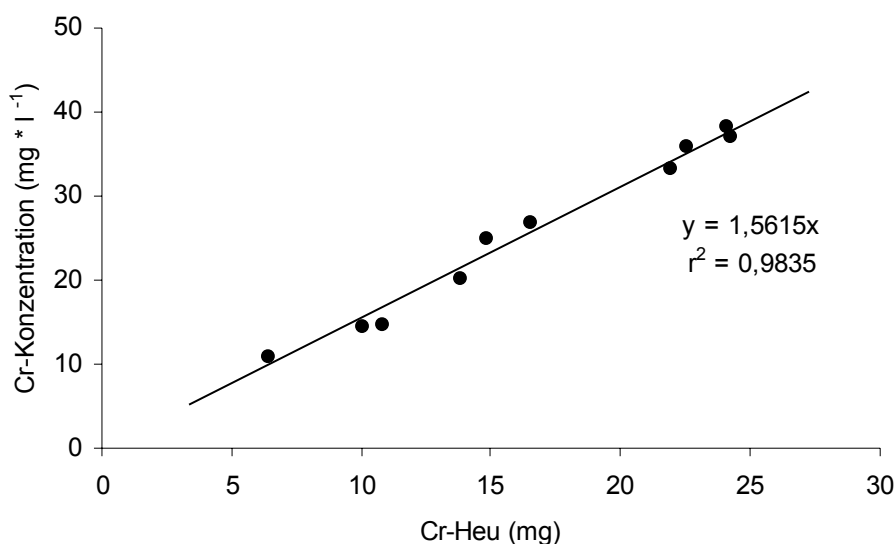


Abb. 5: Cr-Konzentration von Cr-Heu in Abhängigkeit von der Einwaage

2.6.3 Analyse der Cr- und Co-Konzentrationen durch Flammen-AAS

Die Flammen-AAS ist eine instrumentelle Analysenmethode zum quantitativen Nachweis von Metallen und Halbmetallen. Die zu analysierende Flüssigkeit wird durch einen Schlauch abgesaugt und in einer Mischkammer über eine Prallkugel gespritzt. Dabei wird die Flüssigkeit zerstäubt. Die Flamme dissoziiert dieses Aerosol in Atome, die das Licht bei einer bestimmten Wellenlänge der Primärlichtquelle absorbieren (Welz und Sperling 1997). Diese Absorption wird gemessen und entsprechend der Eichgeraden als Konzentration angezeigt.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Konzentrationen von Co und Cr im Kot mit dem Flammen-Atom-Absorptions-Spektrophotometer (Perkin Elmer AAS 3300, Überlingen, Deutschland) unter Verwendung einer Luft-Acetylen-Flamme und von Einzelelement-Hohlkatodenlampen (Co: 30-40 mA, Cr: 25-30 mA), die Spektrallinien des jeweiligen Elements lieferten, bestimmt.

Vor jeder Meßreihe wurde eine Kalibrierung mit Aqua dest. und vier Standardlösungen ($500, 1000, 1500, 2000 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) durchgeführt. Die Herstellung der Standards erfolgte durch Verdünnen der Stammlösungen mit Aqua dest.. Die Stammlösungen enthielten eine Konzentration des zu analysierenden Elements von $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$:

Co-Stammlösung: $2,2032 \text{ g CoCl}_2$ in 1 l Aqua bidest. lösen

Cr-Stammlösung: $5,1235 \text{ g CrCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ in 1 l Aqua bidest. lösen.

Der lineare Meßbereich zur Bestimmung von Kobalt und Chrom lag zwischen 0 und $2000 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Lösungen mit Konzentrationen außerhalb des Meßbereiches wurden entsprechend mit Aqua dest. verdünnt. Eine Messung bestand aus drei Meßwiederholungen mit einem Meßabstand von 0,5 s und einer Meßdauer von je 1 s. Die Nachweisgrenzen lagen für Kobalt bei $0,01 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und für Chrom bei $0,003 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Der Variationskoeffizient für drei Meßwiederholungen betrug für die Co-Messungen $1,09 \pm 0,80 \%$ und für die Cr-Messungen $3,27 \pm 1,19 \%$ (Beispiel: Ulla November 1997, Proben 2 bis 14).

Wegen der möglichen Kontamination durch die Schwefelsäure wurde stets eine Blindprobe (5 ml 72%ige H_2SO_4 , 40 ml Aqua dest.) ohne Probenmaterial angesetzt und gemessen. Bei verdünnten Proben wurde der Blindwert ebenfalls entsprechend verdünnt und gemessen. Die Korrektur mittels Blindprobe und Speicherung der Meßwerte ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) erfolgte automatisch durch das Bedienungsprogramm AA Winlab 2.2.

Für die Probenanalyse wurden die in Tabelle 9 aufgeführten Parameter gewählt.

Tab. 9: AAS-Parameter zur Co- und Cr-Bestimmung

Parameter	Co	Cr
Wellenlänge (nm)	240,7	357,9
Spaltbreite (nm)	0,2	0,7
Luftfluß (l * min ⁻¹)	8	10
Acetylenfluß (l * min ⁻¹)	1,6	3,8

Die Konzentrationen von Co bzw. Cr im Kot - bezogen auf die Trockensubstanz - wurden wie folgt berechnet:

$$C_{\text{Kot}} = \frac{C_{\text{gem}} * df * V}{EW}$$

C_{Kot} = Konzentrationen von Co bzw. Cr im Kot (mg * kg⁻¹ TS)

C_{gem} = gemessene Konzentrationen von Co bzw. Cr in der verdünnten Probenlösung (mg * l⁻¹)

df = Verdünnungsfaktor

V = Volumen der unverdünnten Aufschlußlösung (ml)

EW = Probeneinwaage (g)

2.6.4 Berechnung der Retentionszeiten von Flüssigkeit und Partikeln im Gastro-Intestinal-Trakt und im Ruminoretikulum

Die MRT von Flüssigkeit und Partikeln (< 2 mm Partikelgröße) im gesamten Magen-Darm-Kanal wurde aus dem Integral des Verlaufes der Markerkonzentrationen (Co, Cr) im Kot in Abhängigkeit von der Zeit nach der Markereingabe (Abb. 6) berechnet (Coombe und Kay 1965, Faichney 1975, Thielemans et al. 1978):

$$MRT_{\text{GIT}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * t_i * dt_i}{\sum_{i=1}^n C_i * dt_i}$$

MRT_{GIT} = Mittlere Retentionszeit von Flüssigkeit bzw. Partikeln im GIT (h)

t_i = Zeit der Probennahme nach der Markereingabe (h)

C_i = Co- bzw. Cr-Konzentration im Kot zur Zeit t_i (mg * kg⁻¹ TS)

dt_i = Intervall zwischen zwei Probennahmen: $dt = \frac{(t_{i+1} - t_i) + (t_i - t_{i-1})}{2}$

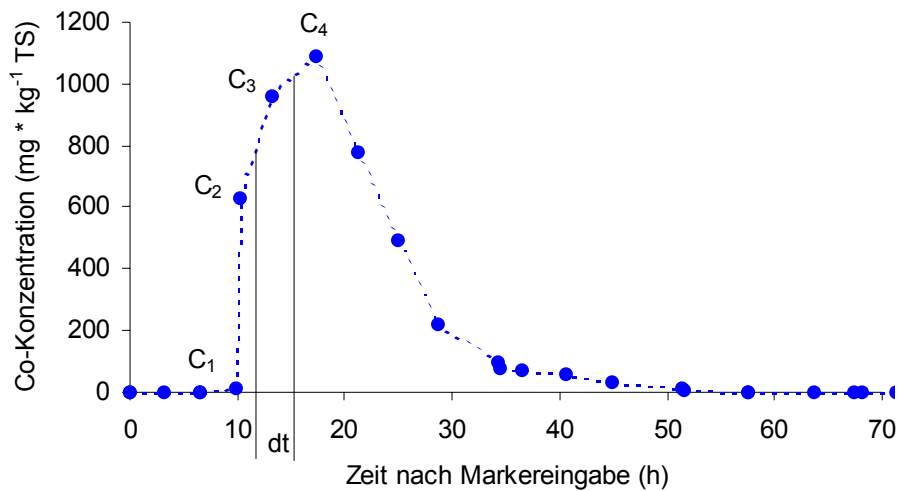


Abb. 6: Verlauf der Markerkonzentrationen (Beispiel: Co, Reh Ulla, März 1998) im Kot in Abhängigkeit von der Zeit nach der Markereingabe

Die Abnahme des Flüssigkeitsmarkers (C_i in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ TS}$) im Kot zeigte einen exponentiellen Verlauf in Abhängigkeit von der Zeit t_i der Probennahme entsprechend mit der Gleichung $C_i = a \cdot e^{-kt_i}$. Die Darstellung dieser Funktion mit den logarithmierten Co-Konzentrationen ergibt eine lineare Funktion $\ln C_i = -k \cdot t_i + b$ (Abb. 7). Der reziproke Wert des Anstiegs k ist nach Grovum und Williams (1973) die mittlere Verweildauer von Flüssigkeit im Ruminoretikulum (in h): $\text{MRT}_{\text{FlüssRR}} = k^{-1}$.

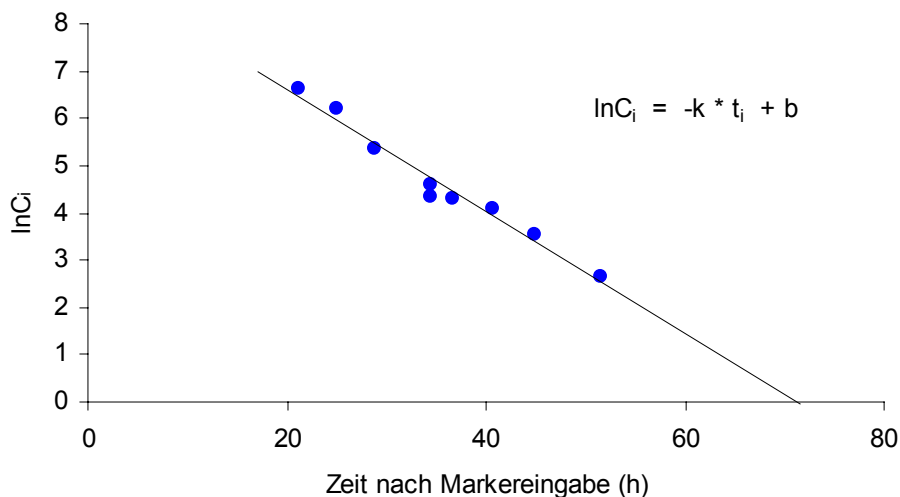


Abb. 7: Verlauf der logarithmischen Markerkonzentrationen (Beispiel: Co, Reh Ulla, März 1998) in Abhängigkeit von der Zeit nach der Markereingabe

Da die Analyse von Kobalt und Chrom im Kot durch AAS in den niedrigen Konzentrationsbereichen ($C < 0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) nicht mehr genau genug war, wurden die Zeiten für Konzentrationswerte nahe Null: $C = 1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ TS}$ ($\ln C = 0$) und $C = 0,367 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ TS}$ ($\ln C = -1$) durch die Regressionsanalyse berechnet und als letzte Zeit- und Konzentrationswerte zur Bestimmung der MRT von Flüssigkeit und Partikeln im GIT verwendet.

Beim Wiederkäuer ist die Verweilzeit von Partikeln im gesamten Gastro-Intestinal-Trakt ($\text{MRT}_{\text{Part.GIT}}$) aufgrund des Vormagens länger als die der Flüssigkeit ($\text{MRT}_{\text{Flüss.GIT}}$). Da nach Lechner-Doll (1986), Heller et al. (1986 b) und Lechner-Doll und Engelhardt (1989) Partikel und Flüssigkeit distal des RR in gleicher Rate transportiert werden, müssen die Partikel im Ruminoretikulum länger als die Flüssigkeit verweilen. Die MRT der Partikel im RR ($\text{MRT}_{\text{Part.RR}}$ in h) konnte so aus der Verweilzeit der Flüssigkeit im RR ($\text{MRT}_{\text{Flüss.RR}}$ in h) plus der Zeit, die die Partikel länger im gesamten Magen-Darm-Kanal verweilen als die Flüssigkeit, berechnet werden:

$$\text{MRT}_{\text{Part.RR}} = \text{MRT}_{\text{Flüss.RR}} + (\text{MRT}_{\text{Part.GIT}} - \text{MRT}_{\text{Flüss.GIT}})$$

Die Retentionszeit der Ingesta zwischen RR und Anus ($\text{MRT}_{\text{distalRR}}$ in h) bei den Tieren mit Pansenfistel ergab sich aus:

$$\text{MRT}_{\text{distalRR}} = \text{MRT}_{\text{Flüss.GIT}} - \text{MRT}_{\text{Flüss.RR}}$$

Die MRT der Ingesta distal des Vormagens bei den Jungtieren wurde in gleicher Weise wie MRT_{GIT} nach Thielemans et al. (1978) berechnet.

2.6.5 Berechnung des Selektivitätsfaktors

Der Selektivitätsfaktor (SF) ist das Verhältnis zwischen der MRT der Partikel im RR und der MRT der Flüssigkeit im RR (Lechner-Doll et al. 1991a):

$$\text{SF} = \frac{\text{MRT}_{\text{Part.RR}}}{\text{MRT}_{\text{Flüss.RR}}}$$

2.6.6 Berechnung der ausgeschiedenen Kotmengen

Die von jedem Tier während des Versuches pro Tag ausgeschiedene trockene Kotmenge ($KotTS_{24h}$ in kg TS) wurde nach folgender Gleichung (Holleman und White 1989) für Kobalt und Chrom vergleichend ermittelt:

$$KotTS_{24h} = \frac{KotTS_{ges} * 24}{t_{ges}} = \left(\frac{D * t_{ges}}{\sum_{i=1}^n C_i * dt_i} \right) * \frac{24}{t_{ges}} = \frac{D * 24}{\sum_{i=1}^n C_i * dt_i}$$

D = eingegebene Co- bzw. Cr-Menge (mg)

$KotTS_{ges}$ = gesamte Kotmenge während der Versuchszeit t_{ges} (kg TS)

t_{ges} = gesamte Versuchszeit (h)

C_i = Konzentrationen von Co bzw. Cr zur Zeit t_i (mg * kg⁻¹TS)

dt_i = Intervall zwischen zwei Probennahmen (h)

2.6.7 Berechnung der Menge an unverdaulichem Material im gesamten Magen-Darm-Kanal und im Ruminoretikulum

Die gesamte Menge an unverdaulichem Material im Magen-Darm-Kanal (UM_{GIT} in kg) sowie im Ruminoretikulum (UM_{RR} in kg) wurde aus der ausgeschiedenen Kotmenge ($KotTS_{24h}$ in h) und der Retentionszeit der Partikel im Gastro-Intestinal-Trakt ($MRT_{Part.GIT}$ in h) bzw. im Ruminoretikulum ($MRT_{Part.RR}$ in h) geschätzt (Holand 1994):

$$UM_{GIT} = \frac{KotTS_{24h} * MRT_{Part.GIT}}{24}$$

$$UM_{RR} = \frac{KotTS_{24h} * MRT_{Part.RR}}{24}$$

2.7 Analyse des Pansensaftes

Der Pansensaft wurde aufgetaut und 20 min bei 3000 U * min⁻¹ (1902g) zentrifugiert (Kühlzentrifuge Hettich Rotana/TCR 4401, Tuttlingen, Deutschland). Es wurden 2 ml des Überstandes für die Bestimmung der Co-Konzentrationen und 3 ml für die Analyse der kurzkettigen Fettsäuren (SCFA) abgenommen.

2.7.1 Bestimmung der Co-Konzentrationen

Im Überstand wurden die Co-Konzentrationen durch Flammen-AAS mit gleichen Bedingungen wie zur Kotprobenanalyse gemessen.

Die Konzentrationen von Kobalt im Pansensaft wurden wie folgt berechnet:

$$C_{Pa} = C_{gem} * df$$

C_{Pa} = Co-Konzentration im Pansensaft ($mg \cdot l^{-1}$)

C_{gem} = gemessene Co-Konzentration in der verdünnten Probenlösung ($mg \cdot l^{-1}$)

df = Verdünnungsfaktor

2.7.2 Berechnung der Retentionszeiten und Pansenparameter

Die Co-Konzentration im Pansensaft zeigte einen exponentiellen Abfall (Abb. 8), der mit folgender Funktion beschrieben werden kann:

$$C_i = C_0 * e^{-k t_i}$$

C_i = Co-Konzentration im Pansensaft zur Zeit t ($mg \cdot l^{-1}$)

C_0 = Eliminationsrate des Markers aus dem Ruminoretikulum je Zeiteinheit (h^{-1})

k = Verdünnungsfaktor

t_i = Zeit der Probennahme nach der Markerinjektion (h)

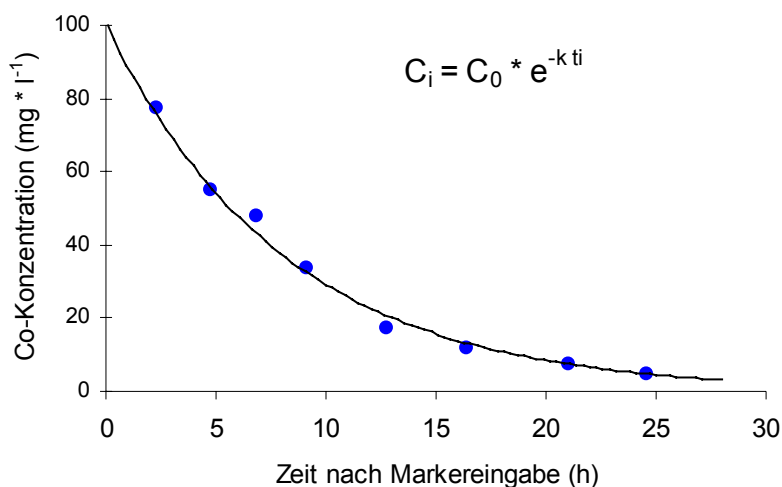


Abb. 8: Verlauf der Co-Konzentration im Pansensaft (Beispiel: Mufflon Rocco, August 1997) in Abhängigkeit von der Zeit nach der Markereingabe

2.7.2.1 Berechnung der Verweilzeit der Flüssigkeit im Ruminoretikulum

Die mittlere Verweildauer der Flüssigkeit im RR ($MRT_{Flüss.RR}$) wurde aus dem reziproken Wert der Eliminationsrate des Markers aus dem RR bestimmt (Faichney 1975, Heller et al. 1986 b): $MRT_{Flüss.RR} = k^{-1}$.

2.7.2.2 Berechnung des Flüssigkeitsvolumens des Ruminoretikulums

Das Flüssigkeitsvolumen des RR (V_{RR} in l) wurde durch Division der eingegebenen Co-Menge (M_{Co} in mg) durch die aus der Regressionsanalyse (Abb. 8) extrapolierte Co-Konzentration zur Zeit der Markerinjektion (C_0 in $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) berechnet:

$$V_{RR} = \frac{M_{Co}}{C_0}$$

2.7.2.3 Berechnung der Flußrate der Flüssigkeit aus dem Ruminoretikulum

Die Flußrate der Flüssigkeit aus dem RR ($F_{\text{Flüss.RR}}$ in $\text{l} \cdot \text{h}^{-1}$) wurde aus dem RR-Flüssigkeitsvolumen (V_{RR} in l) und der mittleren Retentionszeit der Flüssigkeit im RR ($\text{MRT}_{\text{Flüss.RR}}$ in h) ermittelt:

$$F_{\text{Flüss.RR}} = \frac{V_{RR}}{\text{MRT}_{\text{Flüss.RR}}}$$

2.7.3 Bestimmung der Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft

Drei Milliliter des Überstandes (Kapitel 2.7) wurden mit 50 μl HCl (37 %) versetzt, geschüttelt und 15 min bei $10000 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1}$ (8944g) zentrifugiert (Beckmann GS-15R, München, Deutschland). Der klare Überstand wurde bis zur gaschromatographischen Analyse der SCFA im Kühlschrank aufbewahrt.

2.7.3.1 Gaschromatographische Bestimmung

Die Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren erfolgte mit dem Gaschromatographen (GC) Perkin Elmer Autosystem (Perkin Elmer, Überlingen, Deutschland) mit automatischem Probengeber (Autosampler) und serieller Schnittstelle PE Nelson 600. Die vorgenommenen Analysen verliefen unter folgenden Bedingungen:

- Säule: Stabilwax-DA (Restek Europa GmbH, Bad Soden, Deutschland), 30 m Länge, 0,25 mm Innendurchmesser,
- Säulenmaterial: Fused Silica gegen Edelstahl,
- Säulenfüllung (stationäre Phase): Crossbond Carbowax-PEG for acid compounds, 0,25 μm Innenbeschichtung,
- Trägergas: Stickstoff (99,99 Vol% Reinheit), $30 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$,
- Injektionsspritze: Hamilton, 0,5 μl Volumen,
- Injektionsvolumen: 0,2 μl ,
- Arbeitstemperatur des Injektors: 150°C ,

- Arbeitstemperatur der Säule: Temperaturprogramm, Anfangstemperatur mit 100 °C für 2 min, Temperaturerhöhung um 3,8 °C pro Minute bis zur Endtemperatur von 150 °C, Gesamtdauer: 16,16 min,
- Detektor: Flammenionisationsdetektor (FID), Wasserstoff 45 ml * min⁻¹, Luft 450 ml * min⁻¹, 300 °C.

Die Aufzeichnung der Chromatogramme, die Auswertung der Peakflächen und Angabe der Fettsäurenkonzentration (mmol * l⁻¹) erfolgten mit dem Programm Perkin Elmer Nelson-Turbochrom 4.1. Dabei dienten zwei Fettsäuregemische (Tab. 10) als externe Standards.

Tab. 10: Zusammensetzung der externen Standards (mmol * l⁻¹) für die SCFA-Analyse

Fettsäuren (mmol * l ⁻¹)	Standard 1	Standard 2
Essigsäure	40	80
Propionsäure	15	30
iso-Buttersäure	1	2
n-Buttersäure	7,5	15
iso-Valeriansäure	1	2
n-Valeriansäure	1	2

Die molaren Anteile der verschiedenen SCFA (Mol% CF_i) an der Gesamtfettsäurenkonzentration berechnen sich nach:

$$\text{Mol\% CF}_i = \frac{\text{CF}_i}{\sum_{i=1}^n \text{CF}_i} * 100$$

CF_i = Konzentration der Fettsäuren (mmol * l⁻¹)

2.8 Mathematisch-statistische Auswertung der Versuche

Die Datenerfassung erfolgte mit Hilfe des Datenbanksystems Excel 5.0 (1994). Graphiken wurden mit den Programmen SigmaPlot for Windows 2.03 (1986 - 1995) und Excel 7.0 (1995) erstellt. Anhand der Computerprogramme SPSS for Windows 6.1 (1994) und INSTAT Statistics 2.0 (1993) wurden folgende statistische Verfahren verwendet:

- Wilcoxon nichtparametrischer gepaarter Test,
- T-Test für abhängige Stichproben (gepaarter T-Test) - nur explorativ verwendet, wenn ein nichtparametrischer Test aufgrund der zu geringen Anzahl von Stichproben nicht sinnvoll war ($p < 0,05$ war theoretisch nicht möglich),
- Mann-Whitney U-Test,
- Friedman Test,
- Multiple paarweise Vergleiche nach Dunn (Dunn's Test), (keine Angabe von p-Werten, sondern nur Angabe von Signifikanzen)
- lineare und exponentielle Regression.

Die angewandten Verfahren hatten zum Ziel:

- Methodenvergleich, Methodenoptimierung,
- Vergleich der MRT der Flüssigkeit distal des Vormagens zwischen verschiedenen Altersgruppen von Jungtieren mit Flaschenfütterung innerhalb einer Art und zwischen den beiden Tierarten,
- Vergleich der Saisons Sommer (Juni - August 1997), Herbst (September - November 1997), Winter (Dezember 1997 - Februar 1998) und Frühling (März - Mai 1998) auf MRT von Flüssigkeit und Partikeln im RR und GIT, Trockensubstanzgehalt im Kot, Kotmenge, Menge an unverdaulichem Material im GIT, Selektivitätsfaktor und Fettsäuregehalt im Pansensaft beim Mufflon,
- Regression der Co-Konzentration im Pansensaft und des natürlichen Logarithmus der Co/Cr-Konzentration im Kot gegen die Zeit der Probennahme nach der Markereingabe
- Regression der Verweildauer der Partikel im Ruminoretikulum gegen die Verweilzeit der Flüssigkeit im Ruminoretikulum.

Der Saisonvergleich beim Reh und der Vergleich zwischen den beiden Tierarten Reh und Mufflon konnte aufgrund der geringen Anzahl der untersuchten Rehe ($n=2$) nicht statistisch geprüft werden.

Mittelwerte (arithmetisches Mittel) und Standardabweichungen (wenn $n > 2$) für jede Tierart wurden monatsweise berechnet und graphisch dargestellt. Jahresmittelwerte (MW_{Jahr}) und Standardabweichungen (SD) je Tierart wurden aus den Ergebnissen von Juli 1997 bis Juni 1998 ermittelt und im Text in der Form $MW_{\text{Jahr}} \pm SD$ angegeben. Der jeweils verwendete statistische Test ist im Ergebnisteil angeführt.

3 Ergebnisse

Die in den folgenden Kapiteln dargestellten Ergebnisse sind Ergebnisse von jeweils einer kleinen Gruppe handaufgezogener Rehe und Mufflons unter bestimmten Gehegebedingungen und Zusatzfütterung (Kapitel 2.2.3) sowie der in dem Versuchszeitraum 1997/98 zufällig aufgetretenen Witterung (Kapitel 2.3). Die Tiere stellen keine zufällige Stichprobe von Wildtieren dar. Somit können die Ergebnisse nur als explorativ betrachtet werden und nicht generell auf die jeweilige Art verallgemeinert werden. Alle Ergebnisse der statistischen Tests und Aussagen über Signifikanzen sind in diesem Sinne zu verstehen.

3.1 Verweildauer von Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums bei Jungtieren mit Flaschenfütterung

Bei 8 Rehkitzen (1995: $n = 2$, 1996: $n = 3$, 1997: $n = 3$) und 8 Mufflonlämmern (1996: $n = 4$, 1997: $n = 4$) wurde zu jeweils zwei verschiedenen Altersstufen zu einer Flaschenfütterung Cr-EDTA als Flüssigkeitsmarker vermischt mit dem Milchaustauscher verabreicht. Die Bestimmung der Verweildauer von Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums konnte aufgrund des Schlundrinnenreflexes, der die Milch zusammen mit dem Marker an dem Vormagen vorbei direkt in den Labmagen leitet, durchgeführt werden. Hierzu wurden insgesamt 480 Kotproben (Reh: 234, Mufflon: 246) gesammelt und analysiert.

Die mittlere Retentionszeit der Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums war bei den jüngeren Rehkitzen signifikant (Wilcoxon-Test, $p = 0,391$, $n = 8$) länger als bei den älteren Rehkitzen (Abb. 9).

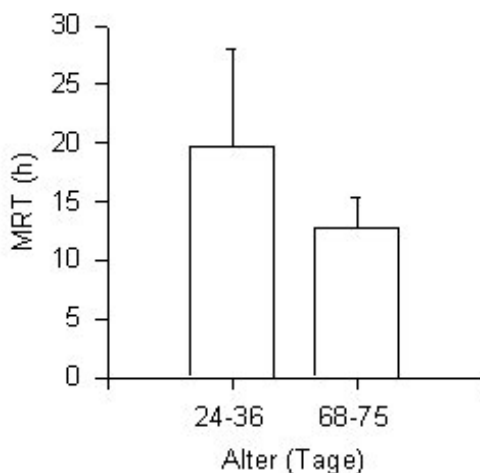


Abb. 9: Verweildauer des Flüssigkeitsmarkers Cr-EDTA distal des Ruminoretikulums bei Rehkitzen (1995: $n = 2$, 1996: $n = 3$, 1997: $n = 3$) in zwei verschiedenen Altersstufen

Bei den Mufflonlämmern gibt es während der Versuche 1996 im Alter von 55 bis 68 Tagen einen Hinweis auf eine längere Retentionszeit der Ingesta distal des RR als im Alter von 140 bis 154 Tagen (gepaarter T-Test, $p = 0,0051$, $n = 4$). Beim Vergleich der Ingestaverweildauer distal des RR während der Versuche 1997 in den Altersstufen 83 bis 97 und 140 bis 154 Tagen wurde kein derartiger Hinweis mehr festgestellt (gepaarter T-Test, $p = 0,3298$, $n = 4$) (Abb. 10).

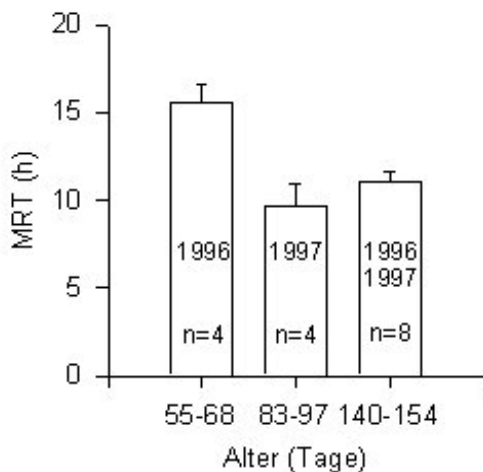


Abb. 10: Verweildauer des Flüssigkeitsmarkers Cr-EDTA distal des Ruminoretikulums bei Mufflonlämmern (1996: $n = 4$, 1997: $n = 4$) in drei verschiedenen Altersstufen

Die Verweilzeit der Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums wurde zwischen den beiden Tierarten nur in einer Altersstufe verglichen. Sie war beim Rehkitz im Alter von 68 bis 75 Tagen signifikant länger als beim Mufflonlamm im Alter von 83 bis 97 Tagen (Mann-Whitney U-Test, $p = 0,0162$, $n_{\text{Reh}} = 8$, $n_{\text{Mufflon}} = 4$).

3.2 Verweildauer von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Kanal von Rehen und Mufflons im saisonalen Verlauf

Die Untersuchungen zur Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln im Gastro-Intestinal-Trakt wurden an maximal zwei Rehen und fünf Mufflons von April 1997 bis Juni 1998 in monatlichen Abständen (15 Versuchsdurchgänge) durchgeführt (Tab. 11). Insgesamt wurden von 2207 Kotproben (Reh: 646, Mufflon: 1561) und 112 Pansensaftproben (Reh: 22, Mufflon: 90) die Markerkonzentrationen gemessen. Die durchschnittlich gesammelte Kotprobenanzahl je Tier und Versuch betrug $25,5 \pm 5,8$ Proben.

Tab. 11: Anzahl der Tiere (n) für die Eingabe von Co-EDTA und Cr-Heu zu den Versuchsdurchgängen

Monat	Rehe Co-EDTA	Rehe Cr-Heu	Mufflons Co-EDTA	Mufflons Cr-Heu
Apr 97	2 ¹	2 ¹	3 ²	2 ²
Mai 97	1 ¹	1 ¹	3	3
Jun 97	2 ¹	1 ¹	3	3
Jul 97	1	0	4 ³	4 ³
Aug 97	2	2	3	2
Sep 97	2	2	2	0
Okt 97	2	2	4	2
Nov 97	2	2	5	3
Dez 97	2	1	5	5
Jan 97	2	1	5	5
Feb 98	2	1	5	5
Mär 98	2	1	5	5
Apr 98	2	1	5	5
Mai 98	2	1	4	4
Jun 98	2	1	4 ³	4 ³

¹ Rehe (Ali, Bobby) für Vorversuche, ab Juli 1997 wegen Durchfall gestorben

² zwei Mufflonschafe hoch tragend

³ ein Tier nach Narkose

Die Ergebnisse von folgenden Tieren wurden aus verschiedenen Gründen nicht in die saisonale Auswertung einbezogen:

- zwei Mufflonschafe im April 1997 wegen Trächtigkeit,
- jeweils ein Mufflon im Juli 1997 und Juni 1998 wegen Narkosenachwirkungen,
- zwei Rehe von April 1997 bis Juni 1997, da diese Tiere im Juli 1997 bzw. Oktober 1997 wegen einer Durchfallerkrankung gestorben waren,
- alle Tiere im Februar 1998 aufgrund einer Abweichung von der kontinuierlichen Fütterung.

Der Verlauf der Flüssigkeits- und Partikelmarkerkonzentrationen im Kot in Abhängigkeit von der Zeit nach der Markereingabe war beim Reh (Abb. 11) und Mufflon (Abb. 12) sehr unterschiedlich. Bei beiden Tierarten stiegen die Markerkonzentrationen nach etwa 8 bis 10 h stark an. Das Maximum der Flüssigkeitsmarkerkonzentration wurde bei beiden Tierarten etwa zur gleichen Zeit (nach ca. 12 h) erreicht, hingegen erschien das Maximum der Partikelmarkerkonzentration im Kot beim Reh (nach ca. 17 - 19 h) eher als beim Mufflon (nach ca. 20 - 25 h). Der Abfall der Co- und Cr-Konzentrationen im Kot erfolgte beim Reh fast gleichzeitig, während beim Mufflon die Cr-Konzentrationen bedeutend später abfielen als die Co-Konzentrationen. Beim Reh war im Gegensatz zum Mufflon nach kürzerer Zeit im Kot kein Marker mehr meßbar.

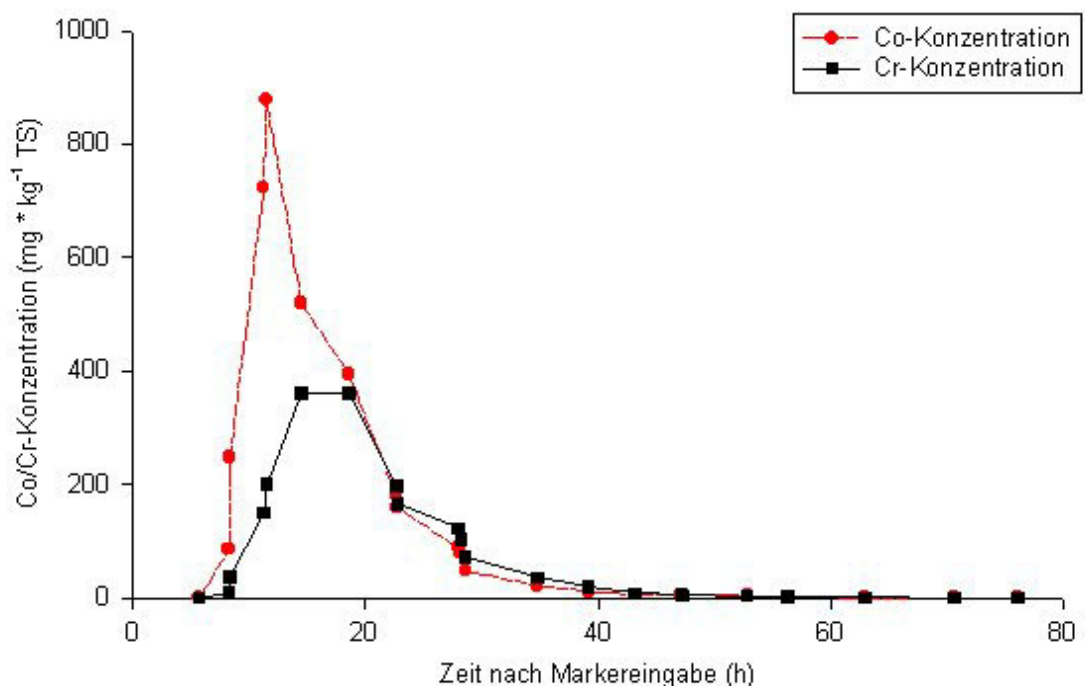


Abb. 11: Verlauf der Markerkonzentrationen im Kot vom Reh nach der Eingabe von 10 ml Co-EDTA und 1g Cr-Heu (Beispiel: Reh Ulla, November 1997)

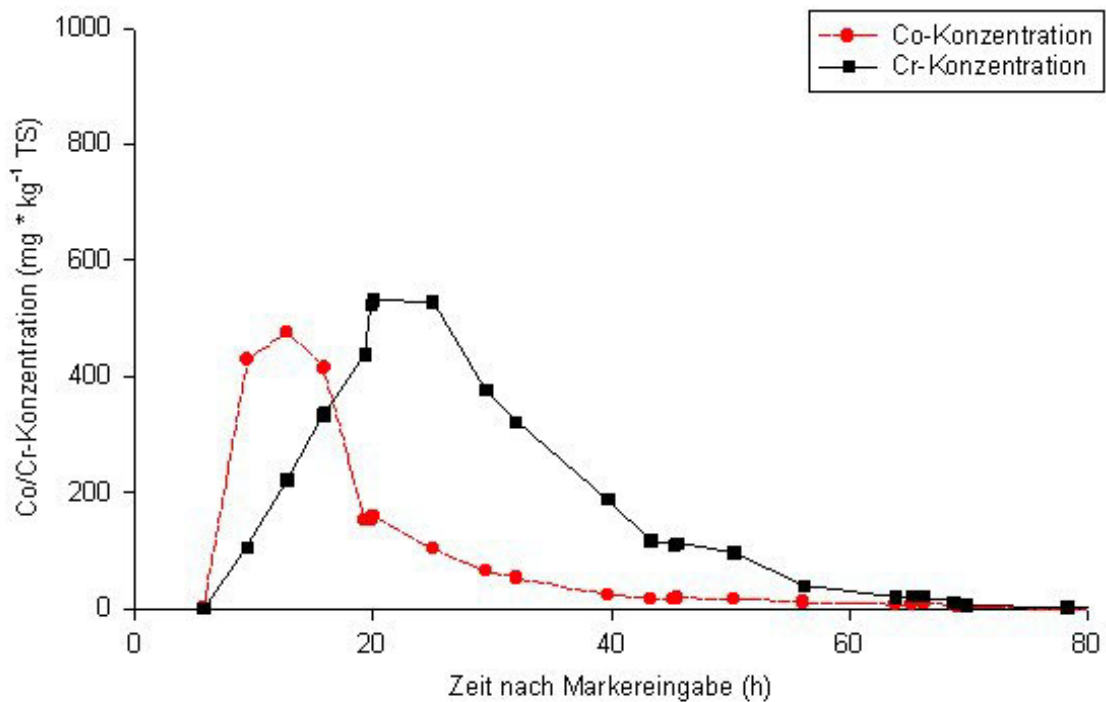


Abb. 12: Verlauf der Markerkonzentrationen im Kot vom Mufflon nach der Eingabe von 11 ml Co-EDTA und 2 g Cr-Heu (Beispiel: Mufflon Tom, November 1997)

Bevor in den folgenden Kapiteln die Versuchsergebnisse saisonal dargestellt werden, sollen Faktoren und Besonderheiten (Temperatur, Niederschlag, Fütterung, Insekten) während des Versuchszeitraumes zusammengefaßt werden, die möglicherweise einen Einfluß auf das Verhalten und somit auf die Retentionszeiten im Magen-Darm-Kanal haben könnten (Abb. 13).

Insgesamt kann die Witterung in den einzelnen Versuchswochen (Tab. 8) während des gesamten Versuchszeitraumes von April 1997 bis Juni 1998 folgendermaßen zusammengefaßt werden: heißer trockener Sommer, milder Herbst mit Schauern, relativ milder Winter mit wenig Frost, kaum Schnee aber viel Regen, mildes feuchtes Frühjahr und zeitiger Beginn der Vegetationsperiode (ab März 1998).

Hohe Tagestemperaturen (Juni bis August 1997) verursachten lange Ruheperioden und eine verringerte Futteraufnahme am Tage sowie eine erhöhte Futteraufnahmeaktivität der Tiere in der Nacht. Weiterhin beeinträchtigte Dauerregen (Januar bis April 1998) das Verhalten der Tiere, indem sie Deckung suchten und die Futteraufnahme verringerten.

Eine deutliche Beunruhigung der Tiere durch Insekten, die sich aufgrund der feuchtwarmen Witterung und des Oder-Hochwassers besonders stark vermehren konnten, wurde von Juni bis September 1997 beobachtet.

Im Hinblick auf eine Übertragbarkeit der gemessenen Werte auf die ökologische

Situation in freier Wildbahn ist die Zusatzfütterung der Tiere mit Saftfutter (Rehe: Apfeltrester, Möhren; Mufflons: Futterrüben, Möhren) und Heu von Oktober bis April, die die Futteraufnahme aus der natürlichen Vegetation vermindert, kritisch zu betrachten.

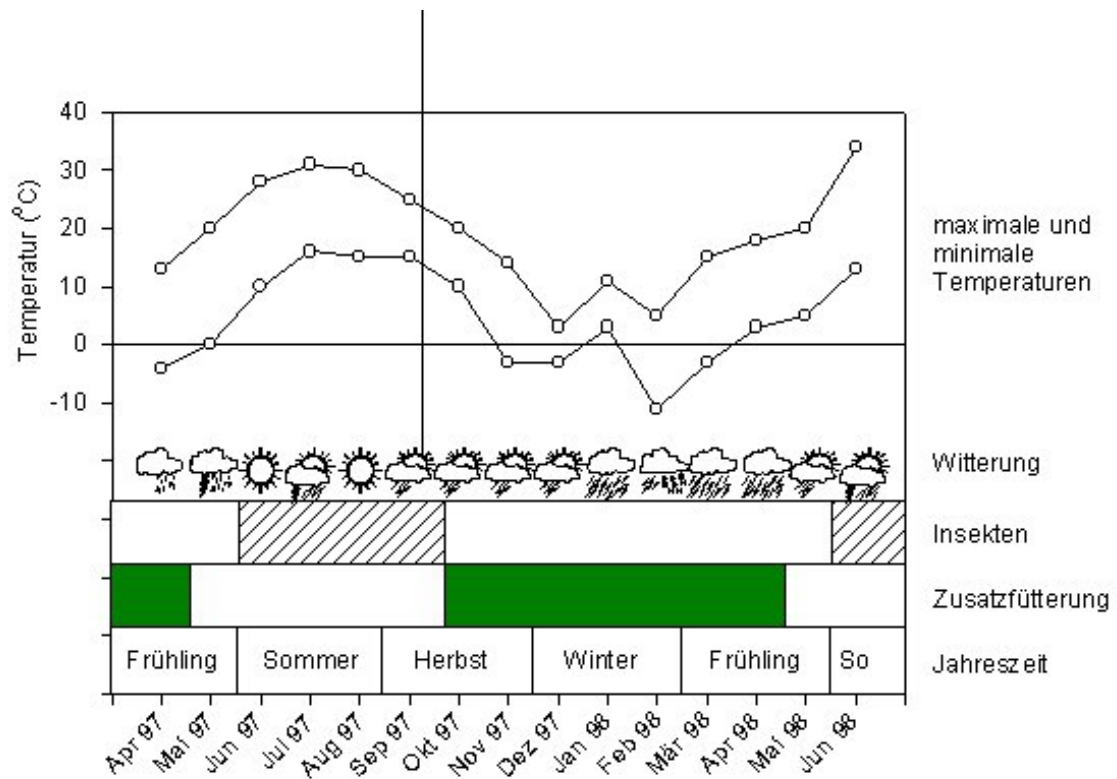


Abb. 13: Temperaturen, Witterung, Insekten und Zusatzfütterung während des Versuchszeitraumes

3.2.1 Mittlere Retentionszeit von Flüssigkeit im Gastro-Intestinal-Trakt

Die Retentionszeit der Flüssigkeit im gesamten Gastro-Intestinal-Trakt beim Reh betrug im Herbst 16,4 h und erreichte im Winter ein Maximum von 21,5 h und im Frühling ein Minimum von 14,1 h. Beim Mufflon zeigte sich ein ähnlicher Jahresverlauf wie beim Reh. Die Verweildauer von Flüssigkeit im Gastro-Intestinal-Trakt betrug beim Mufflon im Frühjahr 22 h und sank im August auf 17,4 h ab. Im Winter stieg die Verweilzeit der Flüssigkeit auf 29,7 h an und sank zum Frühjahr auf 22,8 h wieder ab. (Abb. 14) Beim Reh wurden im Vergleich zum Mufflon im Jahresmittel kürzere Flüssigkeitsretentionszeiten gemessen (Reh: $18,1 \pm 2,4$ h, Mufflon: $22,5 \pm 3,9$ h).

Zum statistischen Vergleich wurden die Werte der Mufflons in 4 Abschnitte eingeteilt: Sommer (Juni - August 1997), Herbst (September - November 1997), Winter (Dezember 1997 - Februar 1998) und Frühling (März - Mai 98). Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Jahreszeiten beim Mufflon festgestellt werden (Friedman Test, $p = 0,012$, $n = 5$). Die Verweilzeit der Flüssigkeit im GIT beim Mufflon ist im Winter signifikant länger als im Herbst (Dunn's Test).

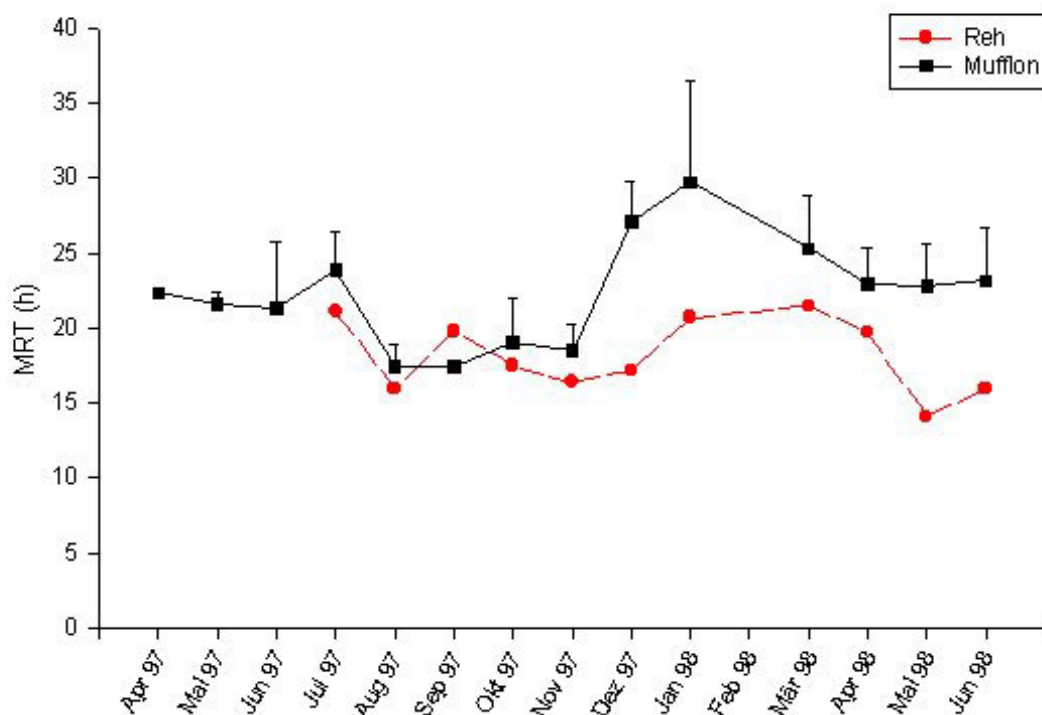


Abb. 14: Verweildauer der Flüssigkeit im Gastro-Intestinal-Trakt bei Rehen und Mufflons

3.2.2 Mittlere Retentionszeit von Partikeln im Gastro-Intestinal-Trakt

Die mittlere Verweilzeit von Partikeln im gesamten Magen-Darm-Kanal verringerte sich beim Reh von 24,4 h im Sommer auf 20 h im Herbst und beim Mufflon von 34,4 h auf 29,3 h. Sie verlängerte sich im Winter beim Reh bis auf 29,6 h und beim Mufflon bis auf 43,8 h. Während die Retentionszeit sich beim Reh erst ab Mai auf 20 h verkürzte, wurde beim Mufflon bereits ab März eine Verkürzung der Partikelverweilzeit auf 35,3 h gemessen (Abb. 15). Die Werte vom Reh lagen stets bedeutend unterhalb der Werte vom Mufflon. Im Jahresmittel verweilen die Partikel im Gastro-Intestinal-Trakt beim Reh $23,6 \pm 3,8$ h und beim Mufflon $36,0 \pm 4,2$ h.

Es konnte ein signifikanter Einfluß der Jahreszeit auf die Verweilzeit der Partikel im Gastro-Intestinal-Trakt beim Mufflon nachgewiesen werden (Friedman Test, $p = 0,0018$, $n = 5$). Die Retentionszeit der Partikel beim Mufflon im Dezember bis Februar ist signifikant länger als im September bis November (Dunn's Test).

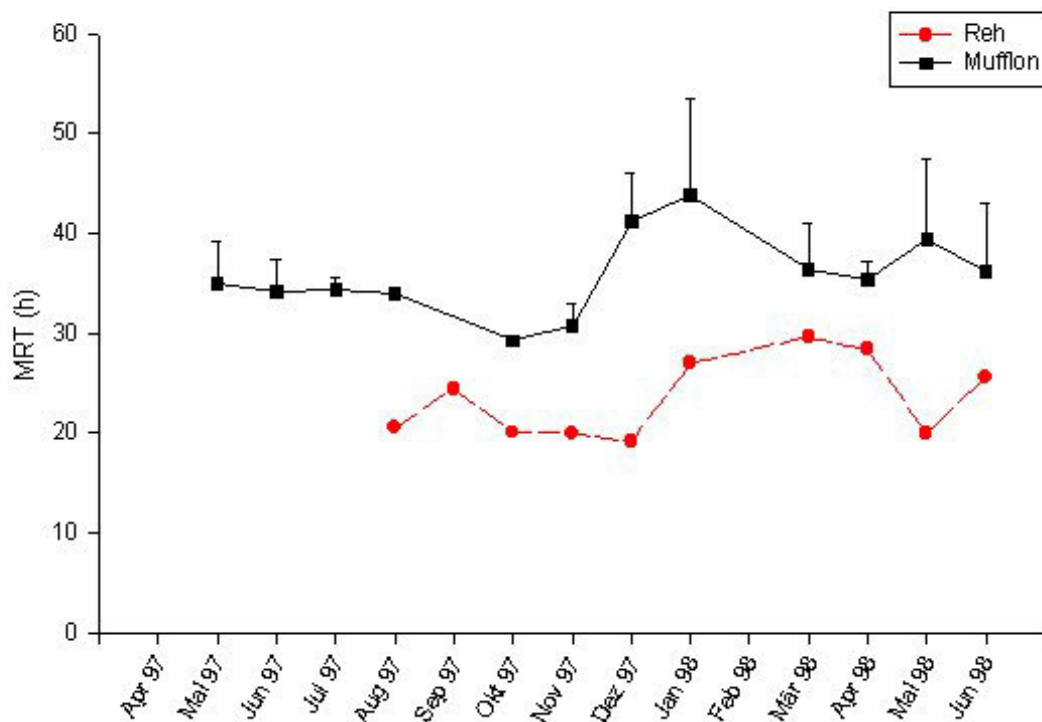


Abb. 15: Verweildauer der Partikel im Gastro-Intestinal-Trakt bei Rehen und Mufflons

3.2.3 Mittlere Retentionszeit von Flüssigkeit im Ruminoretikulum

3.2.3.1 Vergleich der Bestimmung der Verweildauer der Flüssigkeit im Ruminoretikulum über Kot- und Pansensaftproben

Die Entnahme von Pansensaftproben zur Bestimmung der mittleren Retentionszeit der Flüssigkeit im Ruminoretikulum konnte in den ersten Versuchsdurchgängen 4 mal beim Reh und 12 mal beim Mufflon durchgeführt werden. Gleichzeitig wurde die Flüssigkeitsverweildauer im RR über die Co-Konzentrationsänderung im Kot errechnet (Kapitel 2.6.4 und 2.7.2). Die ermittelten Retentionszeiten der Flüssigkeit im Ruminoretikulum sowohl über Pansensaftproben als auch über Kotproben wurden miteinander verglichen.

Die mittlere relative Abweichung (Abw. in %) zwischen den Ergebnissen aus beiden Methoden (M1, M2) wurde wie folgt berechnet:

$$\text{Abw} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \left| (M1_i - M2_i) * \left(\frac{M1_i + M2_i}{2} \right)^{-1} * 100 \right|$$

M1 = Ergebnis aus Methode 1

M2 = Ergebnis aus Methode 2

n = Anzahl der Messungen

Sie betrug beim Mufflon $16,7 \pm 11,1$ %. Bei beiden Tierarten konnten keine Unterschiede zwischen den Retentionszeiten - berechnet über Pansensaft- und Kotproben - festgestellt werden (Abb. 16). Ein statistischer Vergleich wurde aufgrund abhängiger Stichproben (Poolen von Daten bei Meßwiederholungen) nicht durchgeführt.

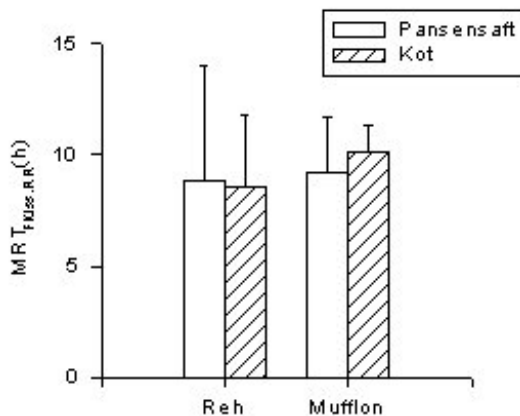


Abb. 16: Vergleich der MRT_{Flüss. RR} bestimmt nach zwei verschiedenen Methoden bei Rehen (Juli 96: n = 2, August 96: n = 1, Juni 97: n = 1) und Mufflons (April 97: n = 2, Mai 97: n = 2, Juni 97: n = 3, Juli 97: n = 4, August 97: n = 1)

In den weiteren Versuchen wurde aufgrund dieser Ergebnisse auf die recht aufwendige Pansensaftentnahme verzichtet und die Passagedauer der Flüssigkeit im Ruminoretikulum über die Kotproben bestimmt.

3.2.3.2 Ergebnisse der Verweilzeitbestimmung für Flüssigkeit im Ruminoretikulum über Kotproben

Die mittlere Retentionszeit von Flüssigkeit im RR betrug beim Reh im Sommer 7,9 h und sank bis zum November auf 6,5 h ab. Beim Mufflon lag sie im Sommer und Herbst bei 9,7 h. Bei beiden Tierarten erhöhte sich die Verweildauer der Flüssigkeit im RR von November bis Januar auf 15,3 h (Mufflon) bzw. 8,6 h (Reh). Die Verweilzeit der Flüssigkeit verkürzte sich beim Mufflon von Januar bis Mai auf 11,5 h und beim Reh von April bis Mai auf 6,7 h. Sie war beim Reh im gesamten Versuchszeitraum kürzer als beim Mufflon (Abb. 17). Im Jahresdurchschnitt betrug die Retentionszeit von Flüssigkeit im Ruminoretikulum beim Reh $8,0 \pm 1$ h und beim Mufflon $11,5 \pm 2$ h.

Es konnte beim Mufflon ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den Saisons festgestellt werden (Friedman-Test, $p = 0,0001$, $n = 5$). Die MRT der Flüssigkeit im RR ist beim Mufflon im Winter signifikant länger als im Herbst und im Sommer (Dunn's Test).

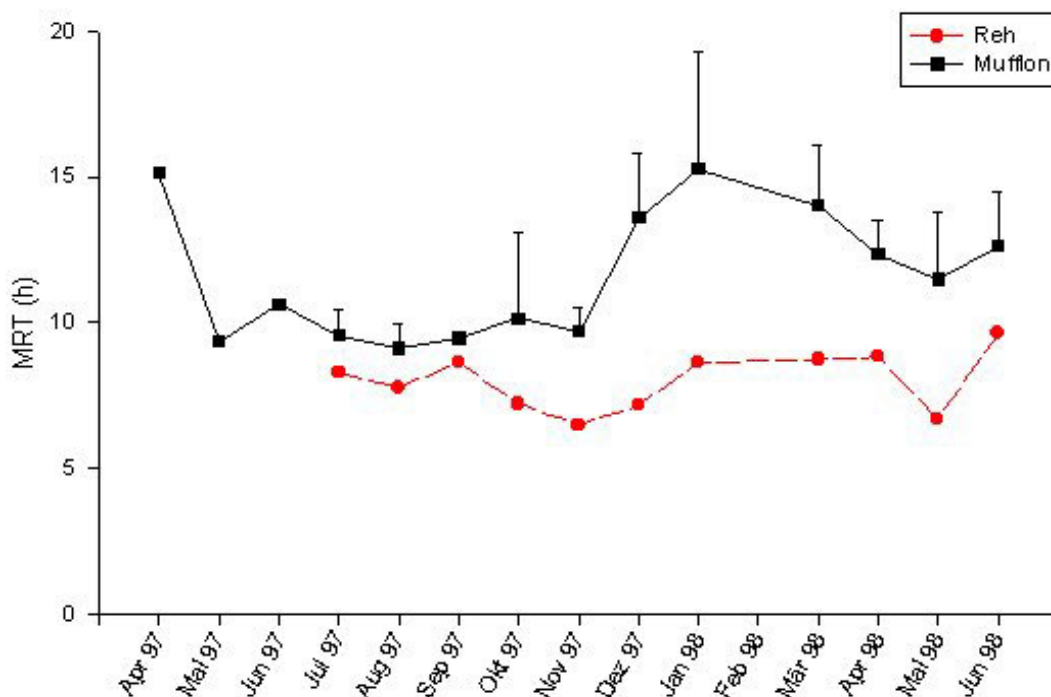


Abb. 17: Verweildauer von Flüssigkeit im Ruminoretikulum bei Rehen und Mufflons (Bestimmung über Kotproben)

3.2.4 Mittlere Retentionszeit von Partikeln im Ruminoretikulum

Die niedrigsten Verweilzeiten der Partikel im RR lagen beim Reh von Oktober bis Dezember bei 10 h und im Mai bei 13,5 h, während beim Mufflon die Minima der Partikelretentionszeiten im Oktober/November mit 21,4 h und von März bis April mit 24,9 h zu verzeichnen waren. Die längsten Verweilzeiten der Partikel im Ruminoretikulum wurden beim Reh mit 16,4 h von Januar bis April und beim Mufflon im Januar mit 29,4 h gemessen (Abb. 18). Beim Reh ($13,9 \pm 3,1$ h) waren im gesamten Versuchszeitraum kürzere Retentionszeiten der Partikel im Ruminoretikulum zu beobachten als beim Mufflon ($24,8 \pm 3,0$ h).

Der statistische Vergleich der Jahreszeiten beim Mufflon zeigte, daß die Verweilzeit der Partikel im Ruminoretikulum im Winter signifikant länger ist als im Herbst (Dunn's Test, $p < 0,05$, $n = 5$).

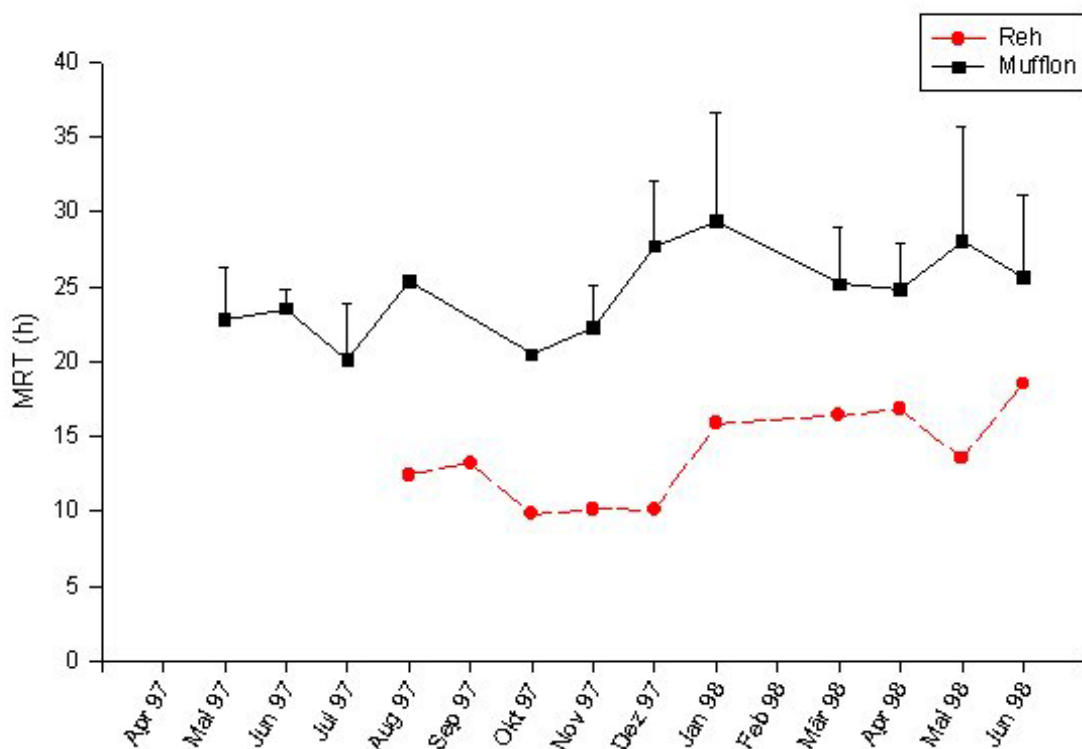


Abb. 18: Verweildauer von Partikeln im Ruminoretikulum bei Rehen und Mufflons

Beim Mufflon konnte eine Verlängerung der Retentionszeiten der Partikel im Ruminoretikulum mit zunehmendem Alter beobachtet werden (Anstieg von Mai/Juni 1997 bis Mai/Juni 1998: 15,9 %). Auch beim Reh ist dieser Trend erkennbar. Ein statistischer Nachweis ist jedoch nur bei Messungen über mehrere Jahre möglich, um Schwankungen zwischen den Jahren auszuschließen.

Der prozentuale Anteil der mittleren Retentionszeit der Partikel im Ruminoretikulum an der gesamten Retentionszeit der Partikel im Gastro-Intestinal-Trakt betrug beim Reh im Jahresmittel $58,61 \pm 7,4$ % und beim Mufflon $68,71 \pm 4,2$ %.

3.2.5 Beziehung zwischen der Retentionszeit der Partikel und der Verweildauer der Flüssigkeit im Ruminoretikulum

Bei der Darstellung der Beziehung zwischen der Verweildauer der Partikel und der Flüssigkeit im Hauben-Pansen-Raum konnte ein linearer Zusammenhang bei beiden Tierarten festgestellt werden (Abb. 19 und 20). Bei verlängerter Verweilzeit der Partikel im Ruminoretikulum wurde auch die Flüssigkeit länger in dieser Fermentationskammer retiniert (T-Test, Reh: $p < 0,0001$; Mufflon: $p < 0,0001$).

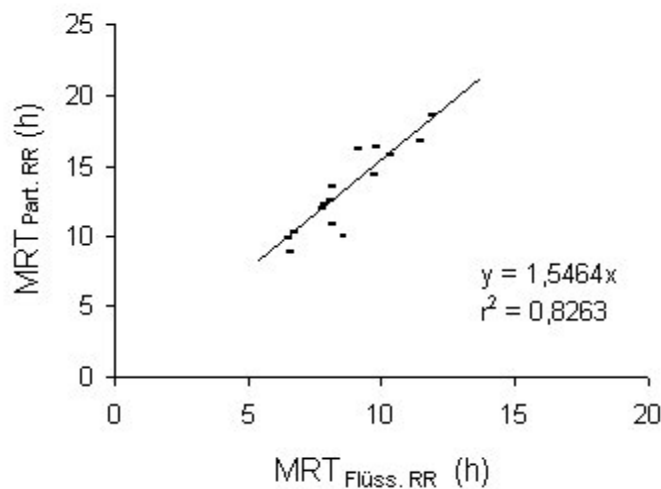


Abb. 19: Beziehung zwischen den Verweilzeiten der Flüssigkeit und Partikel im Ruminoretikulum beim Reh

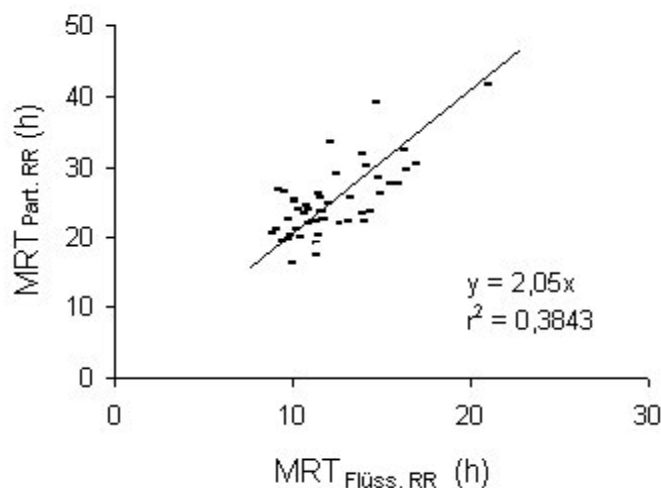


Abb. 20: Beziehung zwischen den Verweilzeiten der Flüssigkeit und Partikel im Ruminoretikulum beim Mufflon

3.2.6 Selektivitätsfaktor

Bei beiden Tierarten war kein Hinweis auf eine saisonale Abhängigkeit des Selektivitätsfaktors (Verhältnis von $MRT_{Part.RR}$ zu $MRT_{Flüss.RR}$) zu erkennen. Für die selektive Partikelretention beim Mufflon sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahreszeiten zu ermitteln (Friedman-Test, $p = 0,6522$, $n = 5$). Der Selektivitätsfaktor betrug beim Reh im Jahresdurchschnitt $1,55 \pm 0,16$ und beim Mufflon $2,1 \pm 0,29$.

3.2.7 Mittlere Retentionszeit der Ingesta distal des Ruminoretikulums

Die Abb. 21 zeigt, daß die kürzesten Ingestaverweilzeiten im Verdauungstrakt nach der Passage des RR beim Reh von Oktober bis Dezember (10,1 h) und im Mai/Juni (6,9 h) und beim Mufflon von August bis November (8,5 h) und von März bis Juni (10,9 h) gemessen wurden. Ein Anstieg der Ingestaverweilzeit distal des RR war beim Reh von Dezember bis März auf 12,7 h und beim Mufflon von November bis Januar auf 14,3 h zu verzeichnen. Außerdem war bei beiden Tierarten die Zeit der Ingestaretention distal des RR im Juli besonders lang. Im Jahresdurchschnitt unterscheiden sich die Retentionszeiten des Nahrungsbreies distal des RR bei Reh ($10,1 \pm 2,1$ h) und Mufflon ($11,0 \pm 2,3$ h) nur geringfügig voneinander.

Die mittlere Retentionszeit der Ingesta distal des RR beim Mufflon war im Winter signifikant länger als im Herbst (Dunn's Test, $n = 5$).

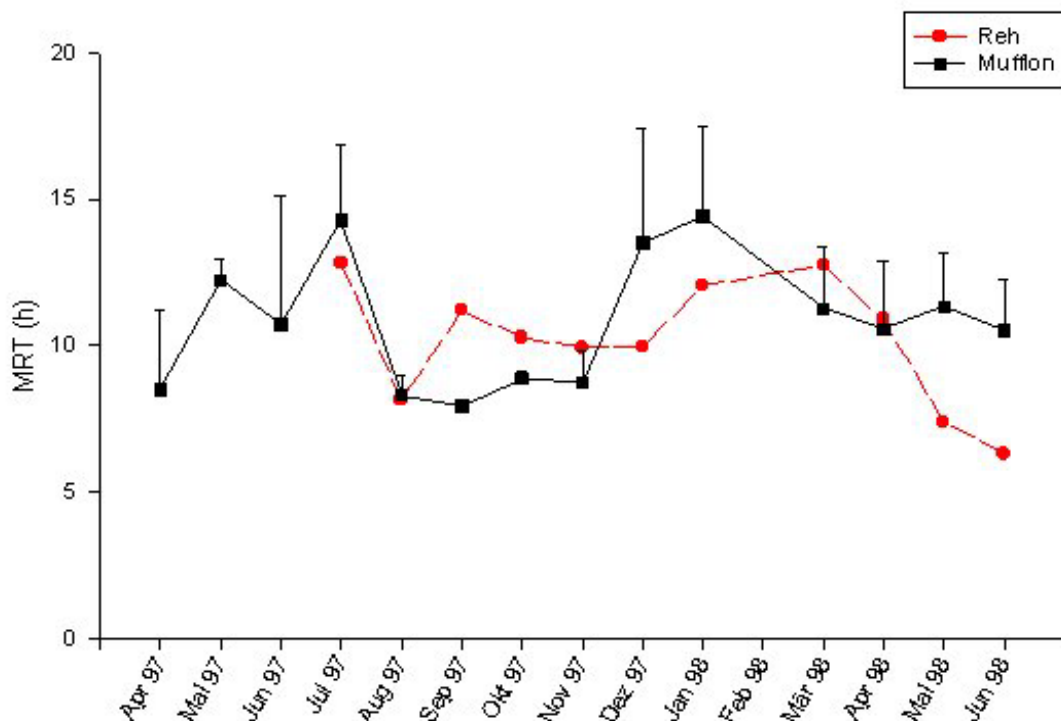


Abb. 21: Verweildauer der Ingesta distal des Ruminoretikulums bei Rehen und Mufflons

3.3 Flüssigkeitsvolumen des Ruminoretikulums und Flußrate von Flüssigkeit aus dem Ruminoretikulum

Zum besseren Vergleich zwischen den Tierarten wurden die gemessenen RR-Flüssigkeitsvolumen und Flußraten der Flüssigkeit aus dem Ruminoretikulum in Relation zum Körpergewicht gesetzt. Voraussetzung dafür ist die Annahme, daß das Volumen einer Flüssigkeit (z.B. Wasser) mit dem spezifischen Gewicht von $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ($1 \text{ l} = 1 \text{ kg}$) entspricht.

Das Flüssigkeitsvolumen des RR betrug beim Reh im Juni/Juli $1,16 \pm 0,26 \text{ l}$, was $6,15 \pm 0,68 \%$ des Körpergewichtes entspricht. Beim Mufflon wurde von April bis August ein mittleres RR-Flüssigkeitsvolumen von $1,96 \pm 0,64 \text{ l}$ bzw. $6,31 \pm 1,8 \%$ des Körpergewichtes ermittelt. Bezogen auf das Körpergewicht konnte kein Unterschied im RR-Flüssigkeitsvolumen zur Vegetationszeit zwischen Reh und Mufflon festgestellt werden (Abb. 22).

Die Flüssigkeitsflußrate aus dem RR betrug bei Reh $180 \pm 3 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1}$ und beim Mufflon $230 \pm 70 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1}$. Pro kg Körpergewicht hingegen floß beim Reh mehr Flüssigkeit aus dem RR je Stunde ($9,9 \pm 1,2 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) als beim Mufflon ($7,45 \pm 2,24 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Abb. 23).

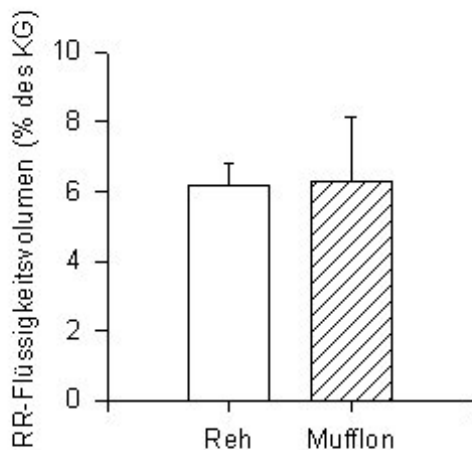


Abb. 22: Flüssigkeitsvolumen des Ruminoretikulums bei Rehen (Juli 96: $n = 2$, Juni 97: $n = 1$) und Mufflons (April 97: $n = 2$, Mai 97: $n = 2$, Juni 97: $n = 3$, Juli 97: $n = 3$, August 97: $n = 1$) in Relation zum Körpergewicht

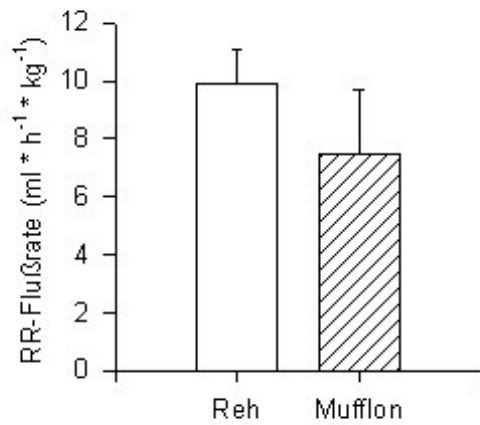


Abb. 23: Flüssigkeitsflußrate aus dem Ruminoretikulum bei Rehen (Juli 96: n = 2, Juni 97: n = 1) und Mufflons (April 97: n = 2, Mai 97: n = 2, Juni 97: n = 3, Juli 97: n = 3, August 97: n = 1) in Relation zum Körpergewicht

3.4 Ergebnisse der Kotmengenbestimmung

3.4.1 Veränderung der ausgeschiedenen Kotmengen bei Jungtieren mit Flaschenfütterung

Die tägliche ausgeschiedene Kotmenge war bei den jüngeren Rehkitzen signifikant (Wilcoxon-Test, $p = 0,0078$, $n = 8$) geringer als bei den älteren Rehkitzen (Abb. 24).

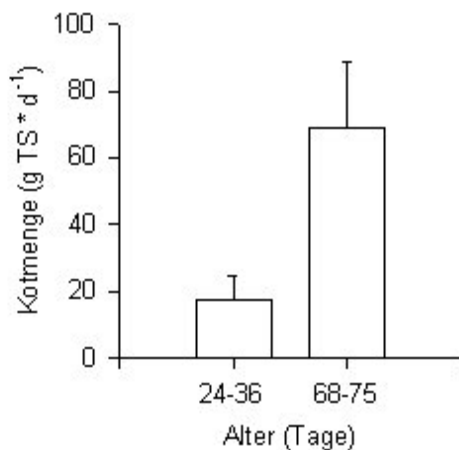


Abb. 24: Täglich ausgeschiedene Kotmenge bei Rehkitzen ($n = 8$) in zwei verschiedenen Altersstufen

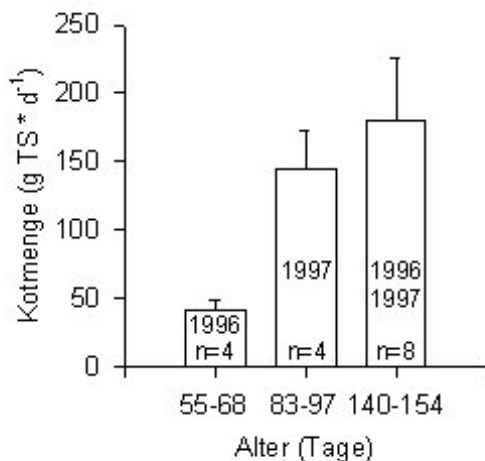


Abb. 25: Täglich ausgeschiedene Kotmenge bei Mufflonlämmern (1996: $n = 4$, 1997: $n = 4$) in drei verschiedenen Altersstufen

Bei den Mufflonlämmern gibt es während der Versuche 1996 im Alter von 55 bis 68 Tagen einen Hinweis auf eine geringere Kotausscheidung als im Alter von 141 bis 154 Tagen (gepaarter T-Test, $p = 0,0116$, $n = 4$). Hingegen beim Vergleich der ausgeschiedenen Kotmengen während der Versuche 1997 in den Altersstufen 83 bis 97 und 140 bis 154 Tagen wurde kein derartiger Hinweis mehr festgestellt (gepaarter T-Test, $p = 0,3742$, $n = 4$) (Abb. 25).

Die täglich ausgeschiedene Kotmenge wurde zwischen den beiden Tierarten nur in einer Altersstufe verglichen. Sie war beim Rehkitz im Alter von 68 bis 75 Tagen signifikant geringer als beim Mufflonlamm im Alter von 83 bis 97 Tagen (Mann-Whitney U-Test, $p = 0,004$, $n_{\text{Reh}} = 8$, $n_{\text{Mufflon}} = 4$).

3.4.2 Täglich ausgeschiedene Kotmengen bei Rehen und Mufflons im saisonalen Verlauf

3.4.2.1 Vergleich der Bestimmung der ausgeschiedenen Kotmenge mit zwei verschiedenen Markern

Die täglich ausgeschiedene Kotmenge vom Reh und vom Mufflon wurde sowohl über die Co-Konzentration als auch die Cr-Konzentration im Kot errechnet.

Die mittlere relative Abweichung zwischen den Ergebnissen aus beiden Methoden (Kapitel 3.2.3.1) betrug beim Reh $16,4 \pm 14,7 \%$ und beim Mufflon $16,1 \pm 15,2 \%$.

Die Abb. 26 zeigt am Beispiel des Mufflons, daß die ausgeschiedene Kotmenge, die mit dem Flüssigkeitsmarker bestimmt wurde, nahezu gleich der mit dem Partikelmarker ermittelten Kotmenge ist. Ein statistischer Vergleich wurde aufgrund abhängiger Stichproben (Poolen von Daten bei Meßwiederholungen) nicht durchgeführt

Für die weiteren Betrachtungen werden nur die Ergebnisse aus der Bestimmung der Kotmengen mit dem Co-EDTA-Marker dargestellt, da die Anzahl der Tiere, denen dieser Marker eingegeben werden konnte, groer war.

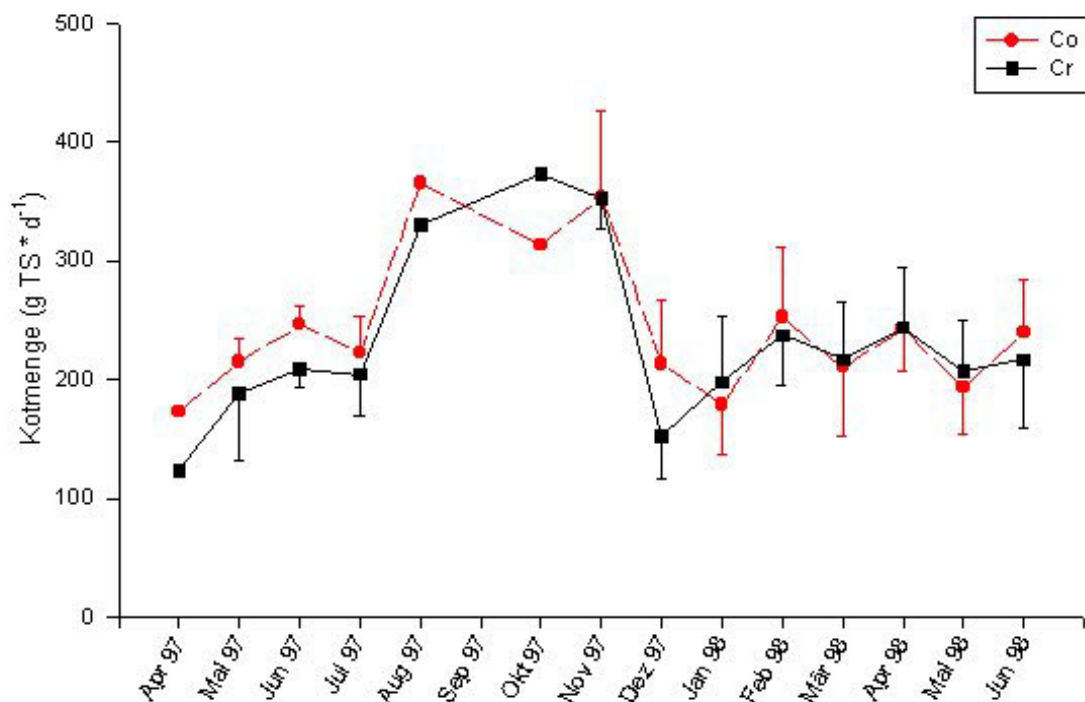


Abb. 26: Vergleich der mit verschiedenen Markern ermittelten täglich ausgeschiedenen Kotmengen (Beispiel: Mufflon)

3.4.2.2 Täglich ausgeschiedene Kotmengen im saisonalen Verlauf - bestimmt über die Co-Konzentrationen im Kot

Die im Jahresverlauf von Reh und Mufflon täglich ausgeschiedenen Kotmengen - bestimmt mit der Flüssigkeitsmarkerkonzentration im Kot - sind in der Abb. 27 dargestellt. Rehe und Mufflons schieden kontinuierlich von Januar bis Juli eine mittlere Kotmenge von 200 bis 210 g TS * d⁻¹ aus. Im Spätsommer und Herbst erhöhte sie sich bis auf 434 g TS * d⁻¹ beim Reh und 470 g TS * d⁻¹ beim Mufflon und nahm zum Winterbeginn wieder ab. Die im Jahresmittel tägliche Kotausscheidung betrug beim Reh 254,1 ± 73 g TS * d⁻¹ und beim Mufflon 286,8 ± 105 g TS * d⁻¹.

Der saisonale statistische Vergleich der Kotausscheidung beim Mufflon zeigte, daß die ausgeschiedenen Kotmengen - angegeben als Trockensubstanz - im Herbst signifikant höher als im Winter sind (Dunn's Test, n = 5).

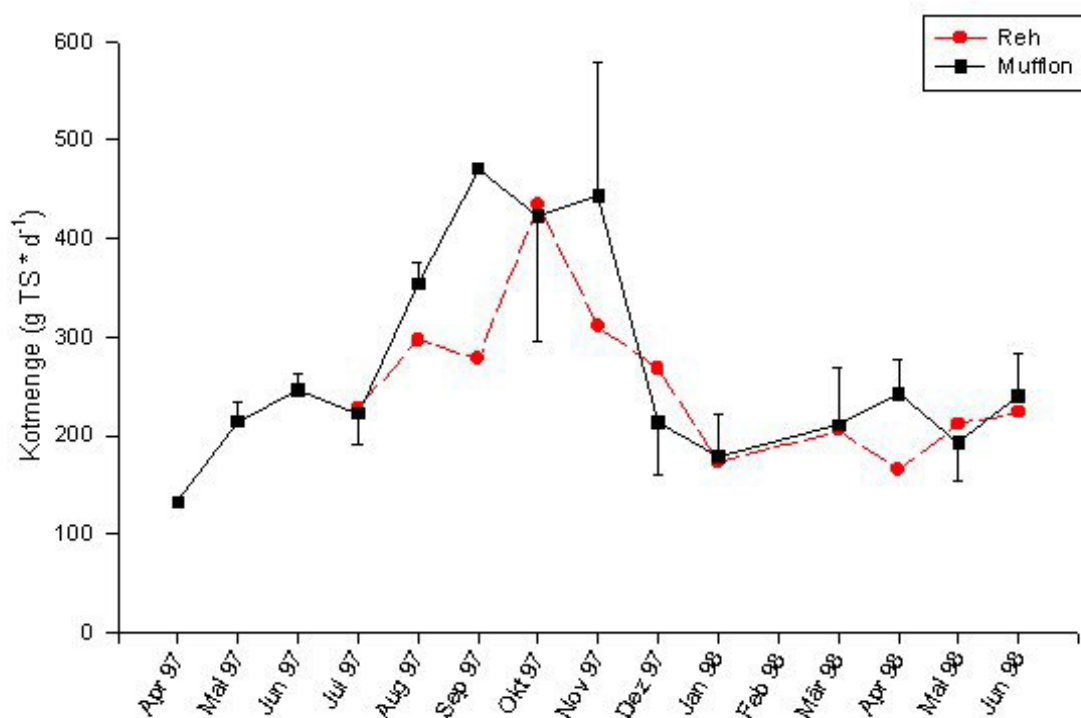


Abb. 27: Täglich ausgeschiedene Kotmengen bei Rehen und Mufflons (ermittelt mit dem Co-EDTA-Marker)

3.5 Trockensubstanzgehalt im Kot

Bei beiden Tierarten konnte eine Verringerung des Trockensubstanzgehaltes im Kot etwa 10 bis 30 Stunden nach der Eingabe des Co-EDTA-Markers, der eine osmotische Wirkung hat, beobachtet werden (Abb. 28).

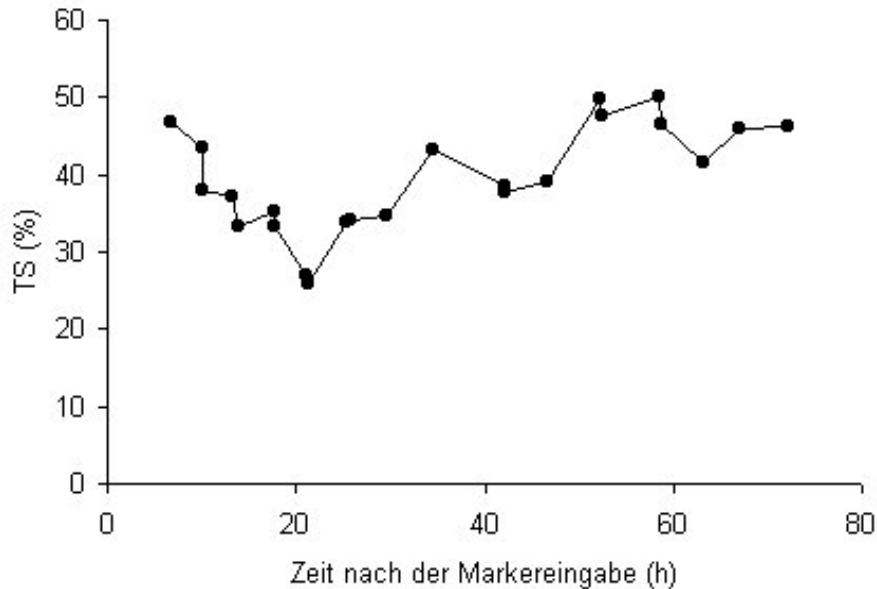


Abb. 28: Trockensubstanzgehalt im Kot vom Reh in Abhängigkeit von der Zeit nach der Co-EDTA-Eingabe (Beispiel: Reh Willi, Januar 1998)

Im Jahresverlauf wurde ein durchschnittlicher Trockensubstanzgehalt im Kot beim Reh von $37,5 \pm 3,1$ % und beim Mufflon von $39,6 \pm 7,2$ % ermittelt.

Während beim Reh der Gehalt an TS saisonal relativ konstant war, wurden beim Mufflon häufige Schwankungen beobachtet (Abb. 29). In der Tendenz lagen die höchsten Werte bei beiden Tierarten im Winter. Dennoch konnten statistisch keine Unterschiede zwischen den Jahreszeiten beim Mufflon nachgewiesen werden (Dunn's Test, $n = 5$).

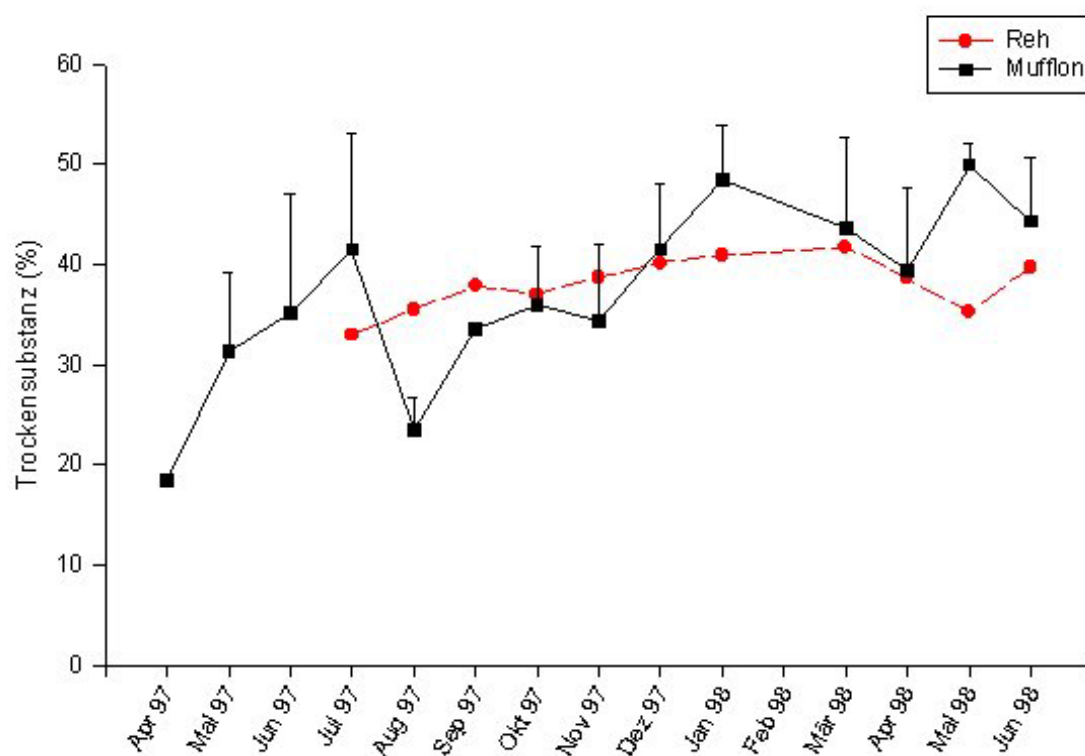


Abb. 29: Trockensubstanzgehalt im Kot bei Rehen und Mufflons

3.6 Gehalt an unverdaulichem Material im Magen-Darm-Kanal

3.6.1 Gehalt an unverdaulichem Material im Gastro-Intestinal-Trakt

Sowohl beim Reh als auch beim Mufflon wurden saisonale Schwankungen im Gehalt an unverdaulichem Material im GIT beobachtet. Die maximale Menge war beim Reh im Oktober mit 365 g TS, der minimale Gehalt im Mai mit 173 g TS. Der Gehalt an unverdaulichem Material im gesamten Magen-Darm-Kanal beim Mufflon erhöhte sich von 336 g TS im Juni/Juli auf 496 g TS im August bis November. Ab Dezember verringerte sich die absolute Menge an unverdaulichem Material im GIT beim Mufflon und beträgt von Januar bis Juni durchschnittlich 331 g TS (Abb. 30).

Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Jahreszeiten beim Mufflon festgestellt (Friedman Test, $p = 0,0087$, $n = 5$). Der Gehalt an unverdaulichem Material im GIT ist beim Mufflon im Herbst signifikant höher als im Frühling (Dunn's Test, $n = 5$).

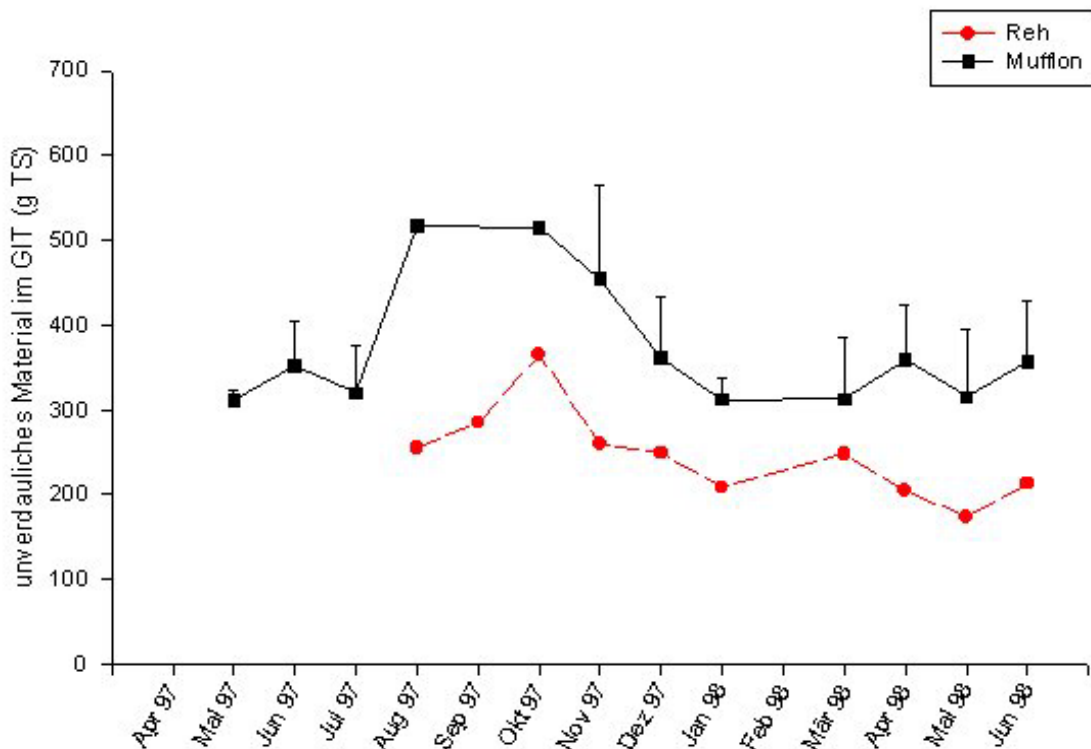


Abb. 30: Gehalt an unverdaulichem Material im GIT bei Rehen und Mufflons

Zum Vergleich zwischen den beiden Tierarten wurde der Gehalt an unverdaulichem Material im Jahresdurchschnitt in Relation zum Körpergewicht gesetzt. Er betrug beim Reh $10,53 \pm 3,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ KG}$ und beim Mufflon $11,21 \pm 1,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ KG}$.

3.6.2 Gehalt an unverdaulichem Material im Ruminoretikulum

Der Gehalt an unverdaulichem Material im RR hat bei beiden Tierarten einen ähnlichen saisonalen Verlauf wie im GIT. Beim Reh konnte der maximale Gehalt im Oktober mit 179 g TS und die minimale Menge im Mai mit 118 g TS gemessen werden. Hingegen beim Mufflon wurden die höchsten Gehalte an unverdaulichem Material im Ruminoretikulum von August bis November (385 bis 331 g TS) ermittelt. Von Januar bis Juni betrug der Gehalt beim Mufflon durchschnittlich 230 g TS (Abb. 31).

Zwischen den Jahreszeiten konnte beim Mufflon ein signifikanter Unterschied ermittelt werden (Friedman Test, $p = 0,0087$, $n = 5$). Im Herbst ist beim Mufflon der Gehalt an unverdaulichem Material im Ruminoretikulum signifikant höher als im Winter (Dunn's Test, $n = 5$).

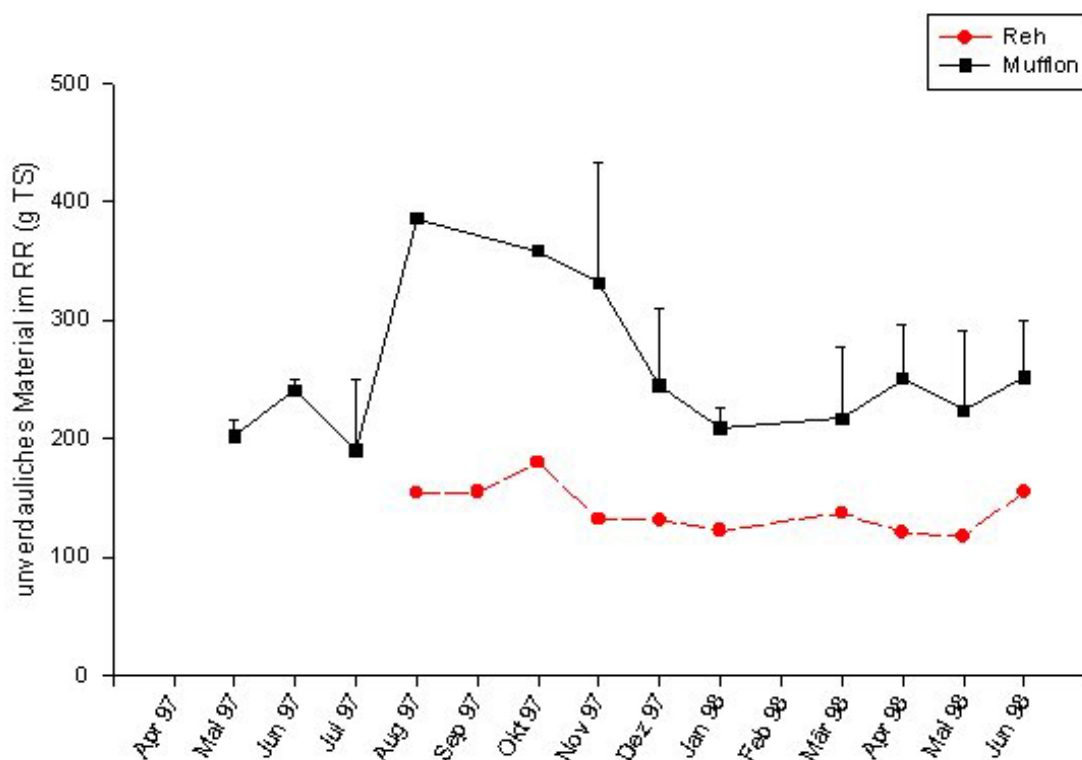


Abb. 31: Gehalt an unverdaulichem Material im RR bei Rehen und Mufflons

3.7 Ergebnisse der Fettsäurenanalyse

Zwischen April 1997 und Juni 1998 wurden insgesamt 154 Pansensaftproben (Reh: 26, Mufflon: 128) entnommen und auf kurzkettige Fettsäuren analysiert. Die Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Anzahl der eingesetzten Tiere und entnommenen Pansensaftproben im gesamten Versuchszeitraum.

Tab. 12: Anzahl der Tiere und Proben (gesamt) bei der Pansensaftentnahme im Versuchszeitraum April 1997 bis Juni 1998

Monat	Reh Tiere	Reh Proben	Mufflon Tiere	Mufflon Proben
Apr 97			2 ²	12
Mai 97			3	23
Jun 97	2 ¹	6	3	20
Jul 97	3	3	4 ³	23
Aug 97	0	0	2	9
Sep 97	0	0	1	1
Okt 97	3	3	2	2
Nov 97	2	2	5	5
Dez 97	2	2	5	5
Jan 98	1	1	5	5
Feb 98	2	2	5	5
Mär 98	1	1	5	5
Apr 98	2	2	5	5
Mai 98	2	2	4	4
Jun 98	2	2	4 ³	4

¹ Rehe (Ali, Bobby) für Vorversuche, ab Juli 1997 wegen Durchfall gestorben

² zwei Mufflonschafe hoch tragend

³ ein Tier nach Narkose

Bei Mehrfachentnahme von Pansensaftproben bei einem Tier wurden zunächst die Monatsmittelwerte für die Gehalte bzw. Anteile der kurzkettigen Fettsäuren gebildet und daraus für jede Tierart der Durchschnitt pro Monat errechnet. Der Jahresmittelwert ergibt sich aus den Ergebnissen von Juli 1997 bis Juni 1998.

Die Ergebnisse von den tragenden Mufflonschafen im April 1997, von einem Mufflon im Juni 1998 wurden wegen Auswirkungen einer Narkose und von allen Tieren im Februar wegen einer Abweichung von der kontinuierlichen Fütterung nicht in die Auswertung einbezogen.

3.7.1 Veränderung des Gehaltes an kurzkettigen Fettsäuren in Abhängigkeit von der Tageszeit

Von den Pansensaftproben zur Bestimmung der Verweildauer der Flüssigkeit im RR der Mufflons (April 97: n = 2, Mai 97: n = 2, Juni 97: n = 3, Juli 97: n = 3, August 97: n = 1) wurde auch der SCFA-Gehalt analysiert. Dabei konnten tageszeitliche Schwankungen des Gehaltes an kurzkettigen Fettsäuren beim Mufflon beobachtet werden (Abb. 32). Die höchsten Werte wurden nachts (ca. 23.00 Uhr) und die geringsten Werte abends (ca. 18.00 Uhr) und morgens (ca. 4.00 Uhr) gemessen. Beim Reh konnte der Einfluß der Tageszeit auf den SCFA-Gehalt im Pansensaft aufgrund zu geringer Anzahl an Proben nicht untersucht werden.

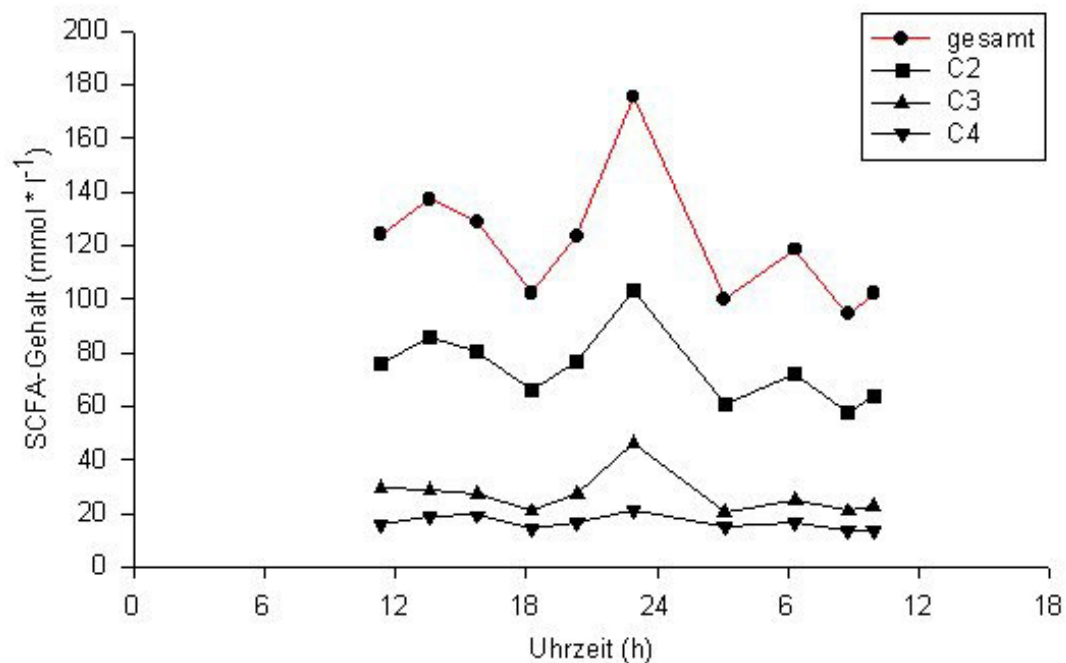


Abb. 32: Gehalt an SCFA in Abhängigkeit von der Tageszeit (Beispiel: Mufflon Paul, 04./05.05.1997)

3.7.2 Veränderung des Gehaltes an kurzkettigen Fettsäuren in Abhängigkeit von der Jahreszeit

Bei beiden Tierarten wurden die höchsten Konzentrationen an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft im Herbst und im Frühjahr gemessen, während die niedrigsten Gehalte im Winter bestimmt wurden (Abb. 33).

Es konnte ein hoch signifikanter Einfluß der Jahreszeit auf den Fettsäuregehalt im Pansen vom Mufflon nachgewiesen werden (Friedman Test, $p = 0,0014$, $n = 5$). Der Vergleich der einzelnen Jahreszeiten miteinander ergab, daß der Gehalt an kurzkettigen Fettsäuren im Herbst signifikant höher lag als im Winter (Dunn's Test, $n = 5$).

Im Jahresmittel waren die SCFA-Konzentrationen beim Reh mit $60,33 \pm 13,72 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ bedeutend niedriger als beim Mufflon mit $103,89 \pm 22,12 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$.

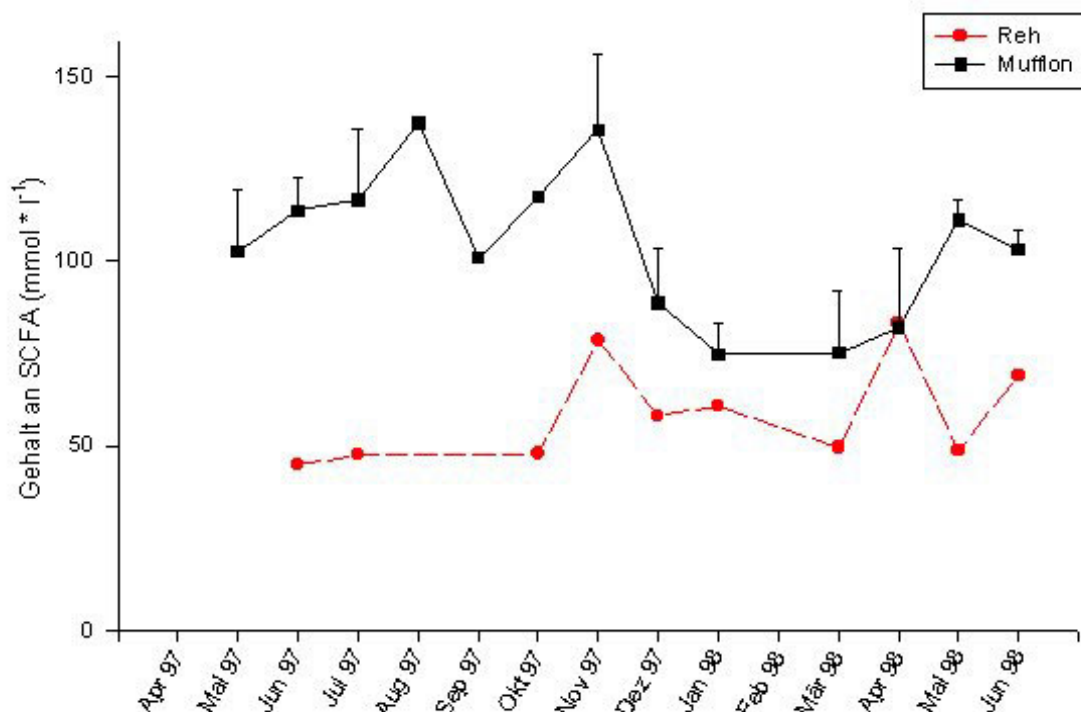


Abb. 33: Gehalt an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft von Rehen und Mufflons (Probenentnahmezeiten: Reh: 20.⁰⁰ - 01.⁰⁰ Uhr, Mufflon: 10.⁰⁰ - 15.⁰⁰ Uhr)

3.7.3 Gehalt an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft im Jahresdurchschnitt

Im Pansensaft vom Reh wurden im Jahresmittel niedrigere Gehalte an Essig-, Butter-, iso-Butter-, Valerian- und iso-Valeriansäure im Vergleich zum Mufflon gemessen. Hingegen konnte bei der Konzentration an Propionsäure im Pansensaft kein Unterschied zwischen den beiden Tierarten festgestellt werden (Abb. 34 und 35).

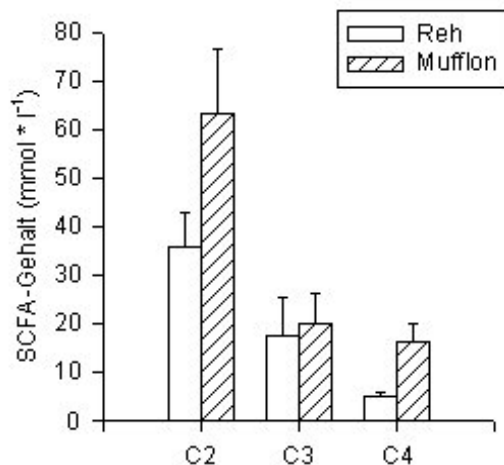


Abb. 34: Gehalt an Essig-, Propion- und Buttersäure im Pansensaft von Rehen und Mufflons (Jahresmittelwert)

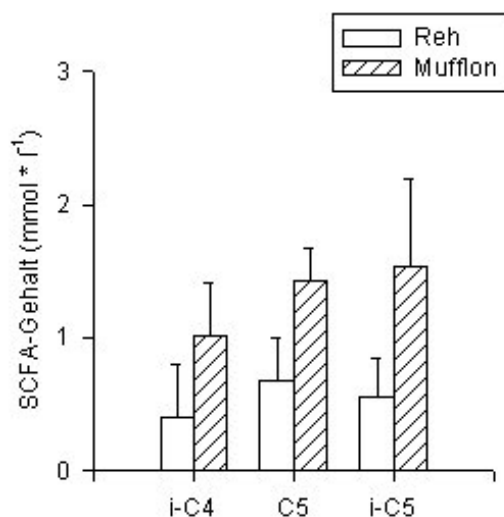


Abb. 35: Gehalt an iso-Butter-, Valerian- und iso-Valeriansäure im Pansensaft von Rehen und Mufflons (Jahresmittelwert)

3.7.4 Molare Verteilung der kurzkettigen Fettsäuren im Jahresdurchschnitt

In den Abb. 36 und 37 sind die relativen Anteile der einzelnen Fettsäuren (Jahresmittelwert) bei Rehen und Mufflons dargestellt. Der Propionsäureanteil war beim Reh höher als beim Mufflon. Hingegen wurde beim Mufflon ein höherer Anteil an Butter-, Valerian-, iso-Butter- und iso-Valeriansäure als beim Reh ermittelt. Beim Essigsäure-Anteil an dem Gesamtfettsäuregehalt konnte kein Unterschied zwischen den beiden Tierarten festgestellt werden.

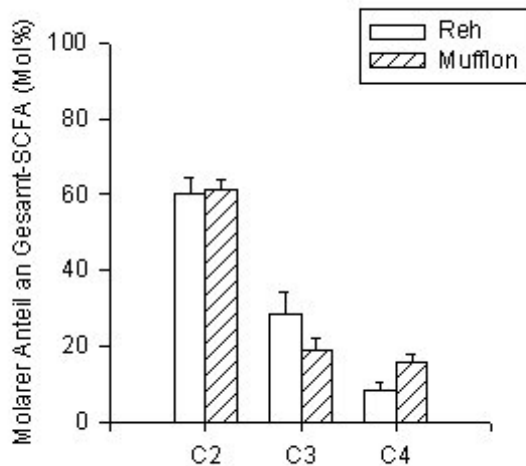


Abb. 36: Molare Anteile von Essig-, Propion-, und Buttersäure an dem Gesamtfettsäuregehalt im Pansensaft von Rehen und Mufflons

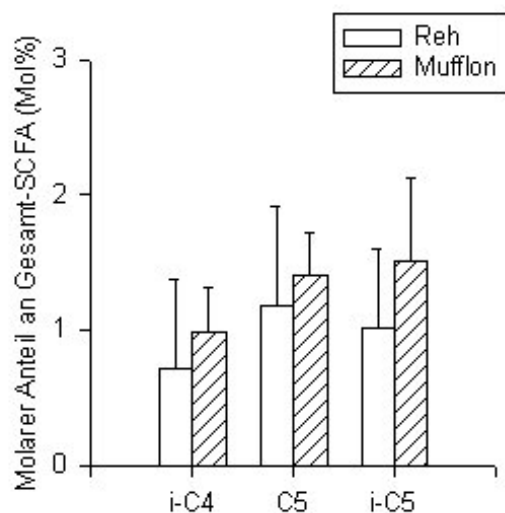


Abb. 37: Molare Anteile von iso-Butter-, Valerian- und iso-Valeriansäure an dem Gesamtfettsäuregehalt im Pansensaft von Rehen und Mufflons

3.7.5 Verhältnis von Essigsäure zu Propionsäure im Pansensaft

Das Verhältnis von Essigsäure zu Propionsäure im Pansensaft vom Reh unterscheidet sich deutlich von dem beim Mufflon. Während beim Reh $2,3 \pm 0,7$ mal mehr Essigsäure als Propionsäure gemessen wurde, betrug beim Mufflon das Verhältnis Essigsäure zu Propionsäure im Pansensaft $3,4 \pm 0,5$ (Abb. 38).

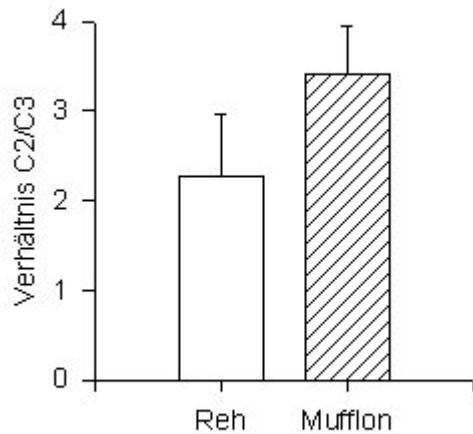


Abb. 38: Verhältnis von Essigsäure und Propionsäure im Pansensaft bei Rehen und Mufflons (Jahresmittelwert)

3.8 Einfluß von abweichenden Versuchsbedingungen

3.8.1 Trächtigkeit

Alle Parameter zur Ingestakinetik für die tragenden (April 1997) und nicht tragenden (April 1998) Mufflonschafe sind in der Tabelle 13 zusammengefaßt. Die Verweildauer von Partikeln im GIT und im RR war bei den tragenden Tieren kürzer als bei den nicht tragenden Tieren. Bei der Retentionszeit der Flüssigkeit im GIT, im RR und distal des RR, sowie beim Trockensubstanzgehalt im Kot und beim SCFA-Gehalt waren keine bedeutenden Unterschiede zu erkennen. Hingegen wurden bei den nicht tragenden Schafen höhere tägliche Kotmengen und einen bedeutend größeren Gehalt an unverdaulichem Material im GIT berechnet. Ein statistischer Vergleich konnte aufgrund der zu geringen Anzahl an trächtigen Tieren nicht erfolgen.

Tab. 13: Vergleich zwischen tragenden (n = 2) und nicht tragenden (n = 2) Mufflonschafen

	tragend	nicht tragend
MRT _{Flüss.GIT} (h)	19,37	21,24
MRT _{Part.GIT} (h)	26,21	33,95
MRT _{Flüss.RR} (h)	10,24	11,58
MRT _{Part.RR} (h)	17,08	24,29
MRT _{distal RR} (h)	9,13	9,66
Selektivitätsfaktor	1,67	2,10
TS im Kot (%)	35,49	36,42
KotTS _{24h} (g TS * d ⁻¹)	172,75	219,75
unverdaul. Material im GIT (g TS)	188,50	310,86
SCFA-Gehalt (mmol * l ⁻¹)	88,83	90,44

3.8.2 Narkosenachwirkungen

Die Tabelle 14 zeigt, daß es einen bedeutenden Unterschied zwischen den Meßergebnissen von Tieren ohne Narkose und mit Narkosenachwirkungen gibt. So wurden bei beiden Tieren, die am Vortag des Versuchsbeginnes eine Stunde in Narkose lagen, längere Retentionszeiten von Flüssigkeit und Partikeln im Ruminoretikulum und im gesamten Magen-Darm-Kanal und geringere Kotmengen ermittelt, als bei den Tieren, die keine Narkose hatten. Weiterhin konnte ein höherer Trockensubstanzgehalt im Kot als Narkosenachwirkung bestimmt werden.

Tab. 14: Vergleich zwischen Mufflons mit Narkosenachwirkungen und Mufflons ohne Narkose (Mittelwert) im gleichen Monat

	Mufflon mit Narkose (Paul) Juli 1997	Mufflons ohne Narkose (n = 3) Juli 1997	Mufflon mit Narkose (Marie) Juni 1998	Mufflons ohne Narkose (n = 3) Juni 1998
MRT _{Flüss.GIT} (h)	32,93	23,84	33,83	23,13
MRT _{Part.GIT} (h)	47,06	34,43	56,75	36,15
MRT _{Flüss.RR} (h)	13,19	9,56	13,23	12,62
MRT _{Part.RR} (h)	27,32	20,14	36,15	25,64
MRT _{distal RR} (h)	19,74	14,28	20,60	10,51
Selektivitätsfaktor	2,07	2,12	2,73	2,03
TS im Kot (%)	49,07	41,52	52,67	44,33
KotTS _{24h} (g TS * d ⁻¹)	173,7	222,3,8	59,5	239,7
unverdaul. Material im GIT (g TS)	340,6	319,8	140,7	356,4
SCFA-Gehalt (mmol * l ⁻¹)	137,79	109,49	47,74	103,07

3.8.3 Extrem abweichende Fütterungsbedingungen

Beim Vergleich (Tab. 15) zwischen Tieren mit regelmäßiger Fütterung (tägliche Zusatzfütterung) und Tieren mit abweichender Fütterung (drei Tage ohne Fütterung, ab Versuchsbeginn tägliche Zusatzfütterung) konnten folgende Unterschiede festgestellt werden:

Bei den Tieren mit abweichender Fütterung wurden kürzere Verweilzeiten von Flüssigkeit und Partikeln im Gastro-Intestinal-Trakt und im Ruminoretikulum, größere Kotmengen und Gehalt an unverdaulichem Material im Magen-Darm-Kanal und einen geringeren Trockensubstanzgehalt im Kot gemessen. Der Gehalt an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft war bei den Tieren mit abweichender Fütterung höher als bei den Tieren mit regelmäßiger Fütterung.

Tab. 15: Vergleich zwischen Tieren (Rehe: n = 2, Mufflons: n = 5) mit regelmäßiger Fütterung im Januar 1998 und abweichender Fütterung im Februar 1998 (Mittelwerte)

	Rehe Fütterung regelmäßig Jan 98	Rehe Fütterung abweichend Feb 98	Mufflons Fütterung regelmäßig Jan 98	Mufflons Fütterung abweichend Feb 98
MRT _{Flüss.GIT} (h)	20,68	17,05	29,70	22,85
MRT _{Part.GIT} (h)	26,97	25,09	43,78	35,45
MRT _{Flüss.RR} (h)	8,63	7,61	15,28	11,03
MRT _{Part.RR} (h)	15,84	16,26	29,36	23,63
MRT _{distal RR} (h)	12,06	9,44	14,42	11,82
Selektivitätsfaktor	1,55	1,80	1,96	2,14
TS im Kot (%)	40,96	31,54	48,53	38,16
KotTS _{24h} (g TS * d ⁻¹)	173,3	255,5	178,5	252,4
unverdaul. Material im GIT (g TS)	207,8	259,5	312,1	359,4
SCFA-Gehalt (mmol * l ⁻¹)	67,09	100,31	74,83	91,96

4 Diskussion

4.1 Kritische Betrachtung der Methoden

Die in der vorliegenden Arbeit gewählten Methoden gewährleisteten eine genaue Erfassung der Kinetik der Flüssigkeit sowie der kleinen Partikel im Magen-Darm-Kanal und Ruminoretikulum bei Rehen und Mufflons und ergaben im allgemeinen realistische und gut reproduzierbare Meßwerte. Nicht unerwähnt sollte der erhebliche Arbeits- und Zeitaufwand für die Handaufzucht, Markereingabe und individuelle Probensammlung bleiben.

4.1.1 Umgang mit den Tieren und Gewinnung von Proben

Die Voraussetzung für die Untersuchung der Ingestakinetik bei Rehen und Mufflons war die Gewöhnung der Wildtiere an den Umgang mit dem Menschen mittels einer künstlichen Aufzucht. Die Ausfallquote bei der Handaufzucht von Rehkitzen ist sehr hoch. Der Mißerfolg der Aufzucht von Tieren, die direkt nach der Geburt noch ungesäugt in Menschenhand kommen, liegt bei nahezu 100 %. Bei Kitzen mit einem Alter bis zu etwa einer Woche stirbt immer noch etwa die Hälfte (Wölfel 1993). Auch die natürliche Kitzsterblichkeit in den ersten Lebenswochen ist recht hoch. Kitzzählungen (König 1993) zeigen Verluste bis zu 50 %. Hingegen sind Lämmerverluste bei Mufflons in den meisten Populationen selten beobachtet worden, da das Mufflon eine sehr robuste widerstandsfähige Wildart ist (Briedermann 1993). So wurde die Handaufzucht insgesamt mit mehr Rehkitzen (1995 n = 4, 1996 n = 4) als für die Untersuchungen geplant waren und 5 Mufflons (1996) begonnen. Davon konnten 6 Rehkitze und 5 Mufflons erfolgreich aufgezogen werden, was einem Aufzuchtserfolg von 75 % für die Rehe und 100 % für die Mufflons entspricht.

Die gegenseitige Prägung von Muttertier und Neugeborenem findet bei Rehen sehr spät statt. Nach Beobachtungen von Kurt (1991) sind Kitze wie Ricken bis etwa in der dritten Woche nach dem Setzen in der Lage, fremde Ricken bzw. Kitze anzunehmen. Spätestens nach der fünften Woche konnte dies aber nicht mehr beobachtet werden. Das heißt, zwischen der dritten und der fünften Woche nach dem Setzen werden Kitze auf ihre Mütter und diese auf ihre Kitze irreversibel geprägt. Im Vergleich dazu erfolgt beim Mufflon die Prägung sehr früh. Unmittelbar nach der Geburt gibt es eine sensible Periode, in der sich Schaf und Lamm kennenlernen. Sie dauert nur wenige Stunden, dann sind beide vollständig aufeinander eingestellt. Das Aussehen, der Geruch und die Stimme bilden dafür notwendige Auslöser (Briedermann 1993). Die Trennung der Rehkitze von den Ricken für die künstliche Aufzucht erfolgte deshalb in Abhängigkeit von der Prägungsdauer erst drei bis sechs Tage nach dem Setzen, während die Mufflonlämmer bereits etwa 24 Stunden nach der Geburt von den Muttertieren getrennt wurden. In dieser kurzen Zeit beim Muttertier hatten die Jungtiere dennoch die Möglichkeit, die lebenswichtigen Immunglobuline über die Kolostralmilch aufzunehmen.

Zur Durchführung der mutterlosen Aufzucht junger Wildtiere ist die Kenntnis der Milchezusammensetzung der entsprechenden Art unerlässlich. Diese weist für jede Tierart spezifische Besonderheiten auf. Über die Zusammensetzung der Reh- und Mufflonmilch finden sich in der Literatur verschiedene Angaben (Tab. 16). Rehmilch ist im Vergleich zu Kuhmilch besonders protein- und fettreich. Beim Mufflon wurden höhere Fettgehalte in der Milch als beim Hausschaf gemessen (Stubbe und Stubbe 1977b). Die Milchezusammensetzung verändert sich mit zunehmender Laktationszeit. Nach Treichler et al. (1974) nahm der Fettgehalt in der Rehmilch schon nach 13 Laktationstagen um ca. 3 Prozentpunkte ab.

Tab. 16: Protein- und Fettgehalt von Reh- und Mufflonmilch

Autor	Tierart	Protein (%)	Fett (%)	Zeitraum der Probenahme
Pinter (1963)	Reh	8,8	6,7	9. Laktationswoche
Borg (1970)	Reh	9,2	5,4	
Jenness und Sloan (1972)	Reh	8,8	6,7	
Toepfer (1973)	Reh	8,9	12,1	2. Laktationstag
Treichler et al. (1974)	Reh	10,8 - 9,4	8,4 - 7,4	1. Laktationswoche
		10,0	4,8	ab 13. Laktationstag
Anonym (1958)	Mufflon	5,7	8,6	
Bubenik (1959)	Mufflon	5,3 - 8,0	9,9 - 13,6	
Graschew und Galanzew (1973)	Mufflon	5,7	8,6	
Stubbe und Stubbe (1977b)	Mufflon	5,3	12,4	10. Laktationswoche

In Anlehnung an die Ergebnisse von Drescher-Kaden et al. (1972 und 1974), die die Gewichtsentwicklung von Rehkitten bei Fütterung verschiedener Milchaustauschfüttertypen untersuchten, wurde ein Milchaustauscher (Salvana Lämmersmilch) in einer 16%igen Tränkkonzentration mit einem Proteingehalt von 3,7 % und einem Fettgehalt von 4 % für die Handaufzucht der Rehe und Mufflons verwendet (Kapitel 2.2.1). Bei der Wahl des Milchaustauschers spielte die Keimfreiheit und der einfache Ansatz der Milch eine wichtige Rolle. Baugatz et al. (1997 a) zeigten ein schnelleres Körperwachstum und größere Deckung des Energie- und Proteinbedarfs durch den Milchaustauscher Salvana Lämmersmilch von den beiden für die Ingestakinetikversuche 1995 handaufgezogenen Rehkitten als von Rehkitten, die mit Manasan für Menschenbabys gefüttert wurden.

Die in den ersten zehn Lebenswochen während der künstlichen Aufzucht erzielten mittleren täglichen Gewichtszunahmen von $104,6 \pm 36,5 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ beim Reh und $134,7 \pm 28,9 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ beim Mufflon entsprechen den Angaben einer natürlichen

körperlichen Entwicklung der vom Muttertier gesäugten Jungtiere (Raesfeld et al. 1985, Stubbe 1997, Tomiczek und Türcke 1995). Der Energiebedarf der Tiere konnte vollständig und der Proteinbedarf zu 74 % beim Reh und 95 % beim Mufflon bis zum Absetzen der Milch gedeckt werden. Die Deckung des Defizits an Proteinen vor dem Absetzen der Milch erfolgte durch eine Zusatzfütterung und durch eine geringfügige Aufnahme der natürlichen Vegetation, die schon nach der ersten Lebenswoche bei beiden Tierarten beobachtet wurde. Die Nährstoffunterversorgung während und nach dem Absetzen der Milch kompensierten die Tiere durch eine verstärkte Aufnahme von Grünpflanzen.

Rehe gelten in der Tierpark- und Gehegepraxis als schwer zu haltende Tiere, während Mufflons relativ einfach zu halten sind. Gründe für Probleme bei der Haltung von Rehen liegen in der Streßanfälligkeit, der Territorialität, dem hohen Aggressionspotential, einer hohen Parasitenanfälligkeit und der nicht einfachen Fütterung der Rehe. Wissenschaftliche Experimente mit in Gehegen lebenden Rehen sind häufig als schwierig und verlustreich beschrieben worden (Stubbe 1997). Die Gehegehaltung von Rehen erfordert ständig größte Aufmerksamkeit. Auf der Versuchsstation des Instituts für Zoo- und Wildtierforschung in Niederfinow werden seit 1993 erfolgreich Rehe und Mufflons gehalten. Eine tägliche Kontrolle des Gesundheitszustandes der Tiere sowie regelmäßige Kotuntersuchungen, Parasitenbehandlungen und Impfungen führten zur Verringerung der Tierverluste. Voraussetzung für eine tierartgerechte Haltung ist auch eine abwechslungsreiche Fütterung, die dem Verdauungssystem der Rehe angepaßt ist und eine Unterbringung in großen Gehegen (800 m² Fläche pro Tier) mit ausreichender natürlicher Vegetation, Sichtschutzwänden und Witterungsschutz. Ferner sind die einzelnen Gehege untereinander verbunden, so daß die Tiere für Versuchszwecke jederzeit umgesetzt oder in einer integrierten Fanganlage ohne große Streßbelastung immobilisiert werden können.

Dennoch nicht zu vernachlässigen sind Tierverluste, die aufgrund von rezidivierenden Durchfällen auftreten. So waren auch zwei Todesfälle bei den handaufgezogenen Rehen für die Ingestakinetikversuche wegen Diarrhöe zu verzeichnen, die auch nicht durch intensive medikamentöse Behandlung (mehrmalige Eingabe von Antidiarrhoicum und Mineralsalzen über die Pansenfistel) verhindert werden konnten. Eine mögliche Ursache dafür ist das Auftreten von Bakterien (*Clostridium perfringens*, Toxintyp A) mit starker Toxinbildung im Jejunum und Enddarm, die bei der Obduktion nachgewiesen werden konnten.

Die für die Versuche notwendigen Implantationen von Pansenfisteln verliefen bei beiden Tierarten ohne Komplikationen. Die Wundränder verheilten schnell und gut. Die Kontrolle der Pansenkanüle erfolgte regelmäßig. Bei eventuell notwendigen Eingriffen (Festziehen der Pansenfistel) wurden die Tiere immobilisiert, um negative Erfahrungen mit der Versuchsperson zu vermeiden. Durch eine implantierte Vormagenfistel bei handzahmen Wildtieren besteht die Möglichkeit, für die Bestimmung der Ingestaverweilzeiten im Magen-Darm-Kanal verschiedene Marker gleichzeitig und in einer definierten Menge einzugeben als auch zu jedem beliebigen Zeitpunkt Proben aus dem Ruminoretikulum zu entnehmen.

Obwohl die Tiere durch Handaufzucht und intensive Betreuung an die Autorin gewöhnt waren, gab es dennoch Probleme sowohl bei der Markerinjektion als auch bei der Pansensaftentnahme. Eine Ursache dafür war, daß sich die Tiere beim Öffnen der Vormagenfistel aufgrund des Druckausgleiches durch Entweichen der Fermentationsgase (zischendes Geräusch) erschrecken, flüchteten und somit die Berührungen an der Fistel als Negativerfahrung aufnahmen. Bei den Rehen erfolgte die Markereingabe und Pansensaftentnahme vorwiegend nachts, weil sie zu dieser Zeit besonders ausgeglichen waren. Sie wurden mit einem leckeren Futter (Haferflocken, frische Laubzweige) herangelockt und abgelenkt. Da die Rehe ausschließlich auf die Autorin geprägt waren, konnte die Arbeit mit den Rehen nur durch diese erfolgen. Eine Hilfe durch einen Mitarbeiter war aufgrund der ständigen Fluchtbereitschaft der Tiere nicht möglich. Weiterhin kam ein Fangen der Tiere wegen der hohen Erregbarkeit und Streßanfälligkeit der Rehe nicht in Frage, was auch die geringe Anzahl von Rehen zu den Versuchsdurchgängen verursachte.

Bei den ersten Versuchsdurchgängen gab es bei den Mufflonschafen keine Probleme, während die Mufflonwidder sich anfangs nicht an der Pansenfistel anfassen ließen. Je öfter die Markereingabe bzw. Probenentnahme bei den Mufflons über die Fistel erfolgte, um so schwieriger wurde diese. So wurden die Mufflons ab Oktober 1997 zu jedem Versuchsbeginn gefangen und für die Markerinjektion und der Entnahme einer Pansensaftprobe festgehalten.

Auch die individuelle Sammlung des Kots nach der Markereingabe über 5 Tage im Intervall von 2 - 4 Stunden parallel bei beiden Tierarten erwies sich als sehr zeitaufwendig und vor allem in der Vegetationszeit und bei schlechter Witterung als schwierig. Der Vorteil, daß die Untersuchungen zur Ingestakinetik erstmals an Rehen und Mufflons unter nahezu natürlichen Bedingungen ohne Manipulationen (Immobilisation) saisonal durchgeführt werden konnten, rechtfertigt jedoch den erheblichen Aufwand.

4.1.2 Methoden zur Verweilzeitberechnung durch externe Marker

Für Verdaulichkeitsstudien und Ingestakinetikbestimmungen gibt es eine Vielzahl verschiedener Marker. Die Kriterien, die einen Marker als „idealen Marker“ charakterisieren, können wie folgt zusammengefaßt werden (Faichney 1975, Merchen 1988, Van Soest 1994, Bernard et al. 1995):

- er sollte inert (chemisch inaktiv) ohne toxische Effekte (ungiftig) sein,
- er sollte im Magen-Darm-Kanal weder verdaut und absorbiert noch metabolisiert werden,
- er sollte gründlich mit der Ingesta vermischbar sein und durch die Motorik gleichmäßig verteilt transportiert werden,
- er sollte kein merkbares Volumen haben,
- er sollte keinen Einfluß auf die Funktionen (Sekretion, Verdauung, Absorption, Motilität) des Verdauungstraktes und dessen mikrobiellen Populationen ausüben,

- er sollte in jedem Abschnitt des Magen-Darm-Kanals vollständig wiederfindbar und genau quantitativ meßbar sein,
- Partikelmarker sollten unlösbar an dem Material gebunden bleiben, an dem sie gebunden wurden und sich nicht mit anderen Bestandteilen im Verdauungstrakt verbinden.

Keiner der derzeit verfügbaren Marker erfüllt alle Kriterien gleichzeitig (Engelhardt 1974, Merchen 1988). Je nach Versuchsanstellung sollte die Wahl eines geeigneten Markers gründlich geprüft werden.

Die Marker werden in interne und externe Marker eingeteilt. Interne Marker (z.B. Lignin, säureunlösliche Asche, Kieselerde, N-Alkane) sind unverdauliche Stoffe, die natürlich im Futter vorkommen. Externe Marker kommen nicht im Futter vor und werden deshalb entweder über die Fütterung verabreicht oder direkt (oral oder intraruminal) in das Tier eingegeben. Im folgenden werden die Vor- und Nachteile einiger Substanzen, die als externe Marker verwendet werden können und in der Literatur umfangreich beschrieben wurden (Kotb und Luckey 1972, MacRae 1974, Merchen 1988), dargestellt:

Gefärbtes Futter: Die Behandlung von Futter mit Farbstoffen (z.B. Brilliantblau, Kristallviolett, Kaminrot) führt zu einer irreversiblen Färbung der Futterpartikel. Sie wurden in den ersten Messungen zur Retentionszeit der Digesta häufig angewandt. Durch die Markierung mit verschiedenen Farben kann die Kinetik spezifischer Partikel auch bei Mischfutter untersucht werden. Ein Nachteil dieses Markers ist die aufwendige Analyse, die nur durch die optische Zählung der gefärbten Partikel erfolgen kann. Dabei ist es unerheblich, ob sich ein Teil des Farbstoffes abgelöst hat. Eine quantitative Analyse des Markers selbst ist nicht möglich, die Nachweisgrenze ist schlecht definiert.

Metalloxe: Metalloxe (z.B. Chromoxid) sind in ihrer Anwendung für Ernährungsstudien weit verbreitet. Sie sind unlöslich und werden vollständig im Kot wiedergefunden. Es gibt verschiedene zuverlässige Methoden für deren Analyse. Nachteilig ist der Transport in den Digesta als Suspension unabhängig von der flüssigen oder festen Phase und eine Sedimentbildung im Ruminoretikulum, was zu einer unregelmäßigen Ausscheidung des Markers führt. Somit sind diese Marker nicht gut für die Bestimmung von Digestaretentionszeiten geeignet.

Elemente der Seltenen Erden: Elemente der Seltenen Erden (z.B. Lanthan, Samarium, Cerium, Ytterbium) werden für die Markierung von Futterpartikeln verwendet. Die quantitative Analyse der Elemente ist z.B. durch radioaktive Markierung durchführbar oder nachträglich durch Neutronenaktivierung möglich (Heller et al. 1986b). Die Festigkeit der Bindung an die Partikel variiert und ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Die Elemente können sich vor allem im Labmagen teilweise von den Partikeln lösen und sich wieder an nicht markierte Futterpartikel binden. Combs et al. (1984) konnten nachweisen, daß Ytterbium und Cerium von Pansenbakterien aufgenommen werden können. Diese Nachteile bedingen die eingeschränkte Anwendung der Seltenen Erde Elemente für exakte Untersuchungen der Ingestakinetik.

Wasser lösliche Marker: Zu den am häufigsten angewandten Flüssigkeitsmarkern für Wiederkäuer gehören Polyethylenglycol (PEG), Cr-EDTA und Co-EDTA. Bei Fütterung von tanninhaltigen Pflanzen ist die Verwendung von PEG ungünstig, da sich Tannin-PEG-Komplexe bilden können. Im Gegensatz zu PEG sind Co- und Cr-EDTA einfach und genau durch Atom-Absorptions-Spektroskopie analysierbar und bringen gleiche Ergebnisse. Geringe Mengen von Cr-EDTA können sich an Partikel im Pansen binden und weniger als 5 % beider EDTA-Komplexe werden im Magen-Darm-Kanal absorbiert und über den Urin ausgeschieden (Udén et al. 1980). Eine infolge dieser Absorption resultierende Überschätzung der Flüssigkeitsverweilzeiten ist nur geringfügig und kann vernachlässigt werden. Weiterhin haben die EDTA-Komplexe besonders bei hoher Dosierung einen osmotischen Effekt, der zu einer Verringerung der Wasserresorption im Pansen (Van Soest 1988) und somit zu einer Erhöhung des Wassergehaltes im Kot führen kann. Eine verkürzte Dickdarmpassage ist nicht ausgeschlossen.

Mit Chrom markierte Fasern: Chrom ist sehr gut als Partikelmarker geeignet, da die Stabilität der Verbindung zwischen Marker und Zellwand besonders hoch ist. Etwa 96 - 98 % des Chroms bleiben während der Passage durch den Magen-Darm-Kanal an den ursprünglich markierten Fasern gebunden (Udén et al. 1980). Die Bestimmung der Chromkonzentration erfolgt entweder nach Neutronenaktivierung (^{51}Cr) oder durch Atom-Absorptions-Spektroskopie. Bei der Analyse spielt es keine Rolle, ob markierte Partikel beim Wiederkauen zerkleinert wurden. Markierte Fasern sind bei einem Cr-Gehalt von 8-10 % unverdaulich. In Abhängigkeit vom Cr-Gehalt ändert sich das spezifische Gewicht der markierten Fasern und damit die Retentionszeiten im Ruminoretikulum (Ehle 1984). Mit Chrom markierte Fasern passieren somit den Magen-Darm-Kanal in einer anderen Weise als nicht markierte Partikel. Dennoch werden sie aufgrund der stabilen Bindung des Chroms an die Partikel und die relativ einfache Quantifizierung als Partikelmarker bevorzugt eingesetzt.

Für die vorliegenden Untersuchungen zur Ingestakinetik sowohl der flüssigen als auch der festen Phase wurden aufgrund der oben dargestellten Vorteile folgende externe Marker kombiniert eingesetzt:

- Co-EDTA für die Bestimmung des Flüssigkeitsvolumen des Ruminoretikulums und der Flußrate von Flüssigkeit aus dem Ruminoretikulum sowie der Retentionszeit der Flüssigkeit im gesamten Gastro-Intestinal-Trakt und im Ruminoretikulum,
- Chrom markierte Faserfraktion aus Heu (< 2 mm Partikelgröße) mit einem Cr-Gehalt von 7 % für die Bestimmung der Retentionszeit der kleinen Partikel im gesamten Gastro-Intestinal-Trakt und im Ruminoretikulum.

Zur Bestimmung der Markerkonzentrationen im Kot wurde der oxidative Naßaufschluß, der sehr häufig für biologisches Material angewendet wird, optimiert. Die Naßveraschung der Trockensubstanz erfolgte mit 72%iger Schwefelsäure (Kapitel 2.6.2). Sie beruht auf einem weitgehenden Lösen der Analysenproben und einem Extrahieren der Analyten (Co, Cr). Hierbei handelt es sich jedoch nicht um einen echten Aufschluß, bei dem sich die organische Substanz vollständig löst, wie es für Druck- oder mikrowellenunterstützte Säureaufschlüsse beschrieben wird (Welz und Sperling 1997), so daß zusätzlich

eine Filtrierung der Aufschlußlösung erforderlich ist. Die Messung der Analyten erfolgte durch Flammen-Atom-Absorptions-Spektroskopie. Der Vorteil dieser Methode ist die einfache, schnelle und exakte Bestimmung sowohl der Co- als auch der Cr-Konzentration im Kot in nur einer Aufschlußlösung.

Die Berechnung der mittleren Retentionszeiten von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Kanal basiert auf der Zwei-Kompartiment-Analyse von Grovum und Williams (1973) und auf der Methode von Thielemans et al. (1978). Sie setzen Gleichgewichtsbedingungen im Ruminoretikulum voraus. Der Hauben-Pansen-Raum ist somit definiert als ein Raum mit homogener Markerverteilung und konstanter Eliminationsrate. Diese Bedingungen sind bei Tieren aufgrund ungleichmäßiger Futter- und Flüssigkeitsaufnahme bestenfalls näherungsweise zu erfüllen. Sie wurden aber durch Fütterung ad libitum und dem steten Angebot an natürlicher Vegetation angenähert. Weiterhin wurden die Proben über fünf Tage entnommen, um den Einfluß der tageszeitlich schwankenden Markerelimination gering zu halten.

Die Anwendung der Zwei-Kompartiment-Analyse nach Grovum und Williams (1973) bedeutet, daß die Retentionszeiten von Flüssigkeit nur im Ruminoretikulum (Kompartiment 1), im Caecum/proximales Colon (Kompartiment 2) und im Dünn-/Dickdarm berechnet werden können. Weitere im Magen-Darm-Kanal vorkommende Kompartimente wie Omasum und Abomasum werden dabei vernachlässigt. In der vorliegenden Arbeit wurde die Zwei-Kompartiment-Analyse nur für die Bestimmung der Verweilzeit der Flüssigkeit im Ruminoretikulum angewandt (Kapitel 2.6.4). Auf die Berechnung der Retentionszeit im Kompartiment 2 wurde verzichtet, da für diese gerade die ersten Kotproben des Experiments entscheidend sind, welche oft nicht in ausreichender Anzahl vorhanden waren. Weiterhin konnte bisher nicht experimentell nachgewiesen werden, ob der verzögerte Anstieg der Markerkonzentrationen im Kot durch das Caecum/proximales Colon (Grovum und Williams 1973) oder durch andere Kompartimente verursacht wird.

Aus dem Verlauf der Markerexkretionen mit dem Kot wurden die Verweilzeiten sowohl von Flüssigkeit als auch von Partikeln (< 2 mm Partikelgröße) im gesamten Magen-Darm-Kanal nach Thielemans et al. (1978) ermittelt (Kapitel 2.6.4). Dieses Integrationsverfahren ist unabhängig von der Anzahl der im Magen-Darm-Kanal vorkommenden Kompartimente und wird häufig angewandt (Rutagwenda 1989, Lechner-Doll et al. 1990 und 1991, Holand 1994, Clauss 1998). Das Berechnungsverfahren ist eine Teilflächensummation, bei der unterschiedliche Zeitintervalle zwischen den Probennahmen berücksichtigt werden. Eine häufige Probennahme, besonders wenn sich die Markerkonzentrationen im Kot schnell verändern, erhöht die Genauigkeit der Verweilzeitberechnung. In den einzelnen Versuchen wurden deshalb über 5 Tage im Intervall von 2 bis 4 Stunden alle verfügbaren Kotproben gesammelt.

Die Differenz zwischen der Flüssigkeitsverweilzeit im gesamten Gastro-Intestinal-Trakt und im Ruminoretikulum ergibt die Verweilzeit der Flüssigkeit in den Magen-Darm-Abschnitten distal des Ruminoretikulums. Heller et al. (1986b) und Lechner-Doll und Engelhardt (1989) konnten zeigen, daß es keinen bedeutenden Unterschied in der Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln distal des Hauben-Pansen-Raumes gibt. Somit konnte die Retentionszeit von Partikeln im

Ruminoretikulum aus der Subtraktion der Verweilzeit der Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums von der Partikelverweilzeit im Gastro-Intestinal-Trakt berechnet werden. Um die Dynamik des beobachteten Partikelflusses beim Wiederkäuer umfassend zu beschreiben, sind mindestens drei Marker mit unterschiedlicher Partikelgröße und -dichte notwendig, da sich die Verweilzeit mit zunehmender Partikelgröße und abnehmender Partikeldichte verlängert (Kaske 1987, Lechner-Doll und Engelhardt 1989, Rutagwenda 1989). In den vorliegenden Versuchen wurde nur die Kinetik von Flüssigkeit und kleinen Partikeln (< 2 mm Partikelgröße) untersucht.

Voraussetzung für die Genauigkeit der Verweilzeitbestimmung ist weiterhin die möglichst vollständige Wiederfindung der eingegebenen Marker im Kot, die von der Stabilität und Resorbierbarkeit des Markers abhängig ist. Die Wiedergewinnung des Markers kann nur ermittelt werden, wenn der gesamte im Versuchszeitraum ausgeschiedene Kot je Tier gesammelt und analysiert wird. Das war unter den Versuchsbedingungen mit natürlicher Vegetation und großer Gehegefläche nicht möglich. Je Versuchsdurchgang konnten bei Annahme einer 100%igen Wiederfindung der Marker im Kot insgesamt beim Reh $22,8 \pm 10,3 \%$ und beim Mufflon $25,8 \pm 11,3 \%$ der ausgeschiedenen Kotmenge gesammelt werden. Die Menge und Anzahl der Kotproben war ausreichend für eine genaue Erfassung der Ingestakinetik bei Rehen und Mufflons.

4.2 Wertung der Versuchsergebnisse

4.2.1 Verweilzeiten von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Kanal von Rehen und Mufflons

4.2.1.1 Verweilzeit von Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums bei Jungtieren mit Flaschenfütterung

Jungtiere aller Wiederkäuerarten haben die Besonderheit, daß sie beim Saugakt durch einen Reflexmechanismus die Milch über die Magenrinne vorbei am Ruminoretikulum direkt in den Labmagen aufnehmen. Dieser Mechanismus wurde für die Bestimmung der Flüssigkeitsverweilzeit distal des Ruminoretikulums bei Jungtieren mit Flaschenfütterung genutzt, indem über die Milch der Flüssigkeitsmarker Cr-EDTA gefüttert wurde.

Bei Rehkitzen und Mufflonlämmern war die Verweildauer der Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums bei den jüngeren Tieren mit vorwiegender Flaschenfütterung länger als bei den älteren Tieren, die allmählich von der Milchnahrung abgesetzt wurden (Abb. 9 und 10). Nach der Umstellung der Nahrung auf überwiegend natürliche Vegetation ist bei den Mufflonlämmern keine Änderung der Retentionszeit mehr zu verzeichnen. Die mittlere Retentionszeit ist ein Maß für die Passage des unverdaulichen Materials durch den Magen-Darm-Kanal. Die älteren Tiere nahmen zur Deckung ihres Energie- und Proteinbedarfs aufgrund der verringerten Milchgabe mehr pflanzliche Nahrung auf, die im Vergleich zur Milch weniger verdaulich war.

Die erhöhte Aufnahme von schwerer verdaulichem Futter spiegelt sich auch in einer Erhöhung der Kotmenge der Tiere wieder. Die Rehkitze vervierfachten die täglich ausgeschiedene Kotmenge innerhalb von 40 Tagen (Abb. 24). Die Mufflonlämmer verfünffachten die Kotalausscheidung innerhalb von 86 Tagen (Versuch 1995), während die Lämmer nach dem Absetzen der Milch (Versuch 1996) diese innerhalb von 57 Tagen nur noch um das 1,25fache erhöhten (Abb. 25). Die Ernährungsstrategie läuft bei den Jungtieren darauf hinaus, die Futteraufnahme bei gleichzeitigem Verzicht einer besseren Ausnutzung der Zellwandbestandteile zu erhöhen. Weiterhin wird eine mögliche Verlängerung der Ingestaverweildauer distal des Ruminoretikulums aufgrund des Wachstums des Verdauungskanals (Drescher-Kaden 1976) durch die Verkürzung der Verweildauer aufgrund erhöhter Aufnahme pflanzlicher Nahrung kompensiert. Somit ist im Ergebnis die Retentionszeit der Ingesta distal des Ruminoretikulums bei den Tieren, die sich fast vollständig von pflanzlicher Nahrung ernähren, kürzer trotz erheblicher Vergrößerung der Dickdarm-Abschnitte als bei den jüngeren Tieren mit Flaschenfütterung.

4.2.1.2 Verweilzeit von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Kanal von Rehen und Mufflons in Gehegen mit natürlicher Vegetation

Die Verwertung von Zellwandbestandteilen durch mikrobielle Fermentation im Vormagen von Wiederkäuern ist ein relativ langsamer und komplexer Prozeß. Somit ist die Verdaulichkeit der Pflanzenzellwände von der Retentionszeit in den Fermentationskammern abhängig. Die Verweilzeit der Digesta und deren Passageraten im Magen-Darm-Kanal sind bedeutend für das Verständnis verschiedener Verdauungsstrategien der Wiederkäuer. Die Retentionszeit der Nahrungspartikel ist abhängig von der Kapazität des Gastro-Intestinal-Traktes, der Nahrungsaufnahme (Grovmum und Williams 1977, Warner 1981, Kay 1987, Merchen 1988, Van Soest et al. 1988), der Qualität bzw. Verdaulichkeit der Nahrung (Jiang und Hudson 1996) sowie der selektiven Partikelretention im Vormagen (Lechner-Doll et al. 1991a). Eine lange mittlere Retentionszeit der Partikel verbessert einerseits die Ausnutzung der langsam verdaulichen Zellwandbestandteile der Pflanzen, verringert andererseits die Höhe der Futteraufnahme (Lechner-Doll et al. 1991a).

Die Tabelle 17 zeigt eine Gegenüberstellung der mittleren Retentionszeiten von Flüssigkeit und Partikeln im gesamten Magen-Darm-Kanal sowie im Ruminoretikulum verschiedener Wiederkäuerarten, die von den jeweiligen Autoren durch die Marker Co-EDTA und Cr-Heu bestimmt wurden.

Das Reh hat im Vergleich zu den in der Tabelle 17 aufgeführten Tierarten die kürzeste Verweilzeit von Flüssigkeit und Partikeln sowohl im gesamten Magen-Darm-Kanal als auch im Ruminoretikulum, was durch morphologische und ernährungsphysiologische Besonderheiten begründet werden kann. Das Reh als Konzentratselektierer hat im Vergleich zu den Grasfressern einen im Verhältnis zum Körpergewicht relativ kleinen Vormagen, ein weites Ostium reticulo-omasicum und große Speicheldrüsen (Hofmann 1989). Weiterhin nehmen Rehe bis zu viermal häufiger Nahrung auf als Grasfresser und zeigen nur kurze Wiederkauperioden. Die geringe Vormagenkapazität und die häufige Futteraufnahme bedingen vermutlich vorwiegend die kurze Retentionszeit der Ingesta im Magen-Darm-Kanal des Rehs.

Beim Mufflon konnten gegenüber Schafen (Rutagwenda 1989) im Gastro-Intestinal-Trakt kürzere, im Ruminoretikulum jedoch gleich lange Retentionszeiten ermittelt werden.

Tab. 17: Vergleich der Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln im GIT und RR bei verschiedenen Wiederkäuern, ergänzt durch eigene Werte

Tierart (Körpergewicht in kg)	MRT _{Flüss.} im GIT (h)	MRT _{Part} im GIT (h)	MRT _{Flüss.} im RR (h)	MRT _{Part} im RR (h)	Autor
<u>Konzentratselektierer</u>					
Reh (17,5 - 25) (Capreolus capreolus)	14,1 - 21,5	19,2 - 29,7	6,5 - 9,6	10,1 - 18,5	eigene Werte
Giraffe (700 - 1200) (Giraffa camelopardis)	28,8 - 38,7	34,5 - 48,2	12,9 - 20,6	16,6 - 30,2	Clauss (1998)
Elch (190 -370) (Alces alces)			16,8 - 23,5	19,2 - 36,9	Renecker und Hudson (1990)
<u>Intermediärtyp</u>					
Ziege (23 - 47) (Capra hircus)	28,5 - 32,9	36,1 - 43,6	10,0 - 15,1	17,6 - 29,2	Rutagwenda (1989)
Wapiti (130 - 160) (Cervus elaphus)			9,4 - 11,9	18,4 - 26,6	Renecker und Hudson (1990)
Steinbock (60) (Capra ibex nubiana)	28,1 - 31,9	44,3 - 53,6	18,5 - 20,5	31,8 - 41,6	Gross et al. (1996)
<u>Grasfresser</u>					
Mufflon (27,5 - 37) (Ovin ammon musimon)	17,4 - 29,7	29,3 - 43,8	9,1 - 15,3	20,1 - 29,4	eigene Werte
Schaf (19 - 55) (Ovis ammon)	31,5 - 37,7	37,6 - 49,3	9,1 - 16,1	15,6 - 28,8	Rutagwenda (1989)
Rind (185 - 375) (Bos taurus)			8,1 - 11,9 12,7	23,6 - 31,4 34,4	Renecker und Hudson (1990) Lechner-Doll et al. (1990)

Untersuchungen von Holand (1994) an Rehen mit anderen Markern (Flüssigkeitsmarker: $^{51}\text{Cr-EDTA}$, Partikelmarker: $^{141}\text{CeCl}_3$ gebunden an Haferflocken) ergaben auch kurze Retentionszeiten, die mit den eigenen Werten im wesentlichen übereinstimmen (Tab. 18). Kritisch zu betrachten ist hierbei, daß die Rehe nur in einem 4 m² großen Gehege mit einer vorgegebenen Fütterung gehalten wurden, während die Tiere für die eigenen Untersuchungen in einem ausreichend großen Gehege (ca. 4000 m²) mit natürlicher Vegetation untergebracht waren. Die Partikelretentionszeiten im Ruminoretikulum nach Holand (1994) wurden exponentiell nach der Zwei-Kompartiment-Analyse von Grovum und Williams (1973) ermittelt. Somit wird nur der größte Partikelpool

(kleinere Partikel) in die Berechnung einbezogen, die aber im Ruminoretikulum vorkommende Mehrpoolkinetik außerachtgelassen und die Retentionszeit dadurch unterbewertet. Dieser Fehler wird in der vorliegenden Arbeit vermieden, indem die Retentionszeit der Partikel aus der Differenz zwischen der gesamten Verweilzeit der Partikel im Magen-Darm-Kanal und der Verweilzeit der Flüssigkeit distal des Ruminoretikulums berechnet wurde.

Tab. 18: Verweilzeiten von Flüssigkeit und Partikeln beim Reh

	MRT _{Flüss.} im GIT (h)	MRT _{Part.} im GIT (h)	MRT _{Flüss.} im RR (h)	MRT _{Part.} im RR (h)
eigene Werte	14,1 - 21,5	19,2 - 29,7	6,5 - 9,6	10,1 - 18,5
Holand (1994)	17,9 - 26,7	19,6 - 31,1	9,6 - 14,1	8,7 - 19,1

Illius und Gordon (1992) fanden eine mathematische Beziehung zwischen dem Körpergewicht (KG in kg) und der Partikelverweilzeit (MRT in h) im GIT für Wiederkäuer: $MRT = 15,3 * KG^{0,251}$ ($r^2 = 0,76$). Nach dieser Gleichung würden die Partikel im GIT von einem ca. 20 kg schweren Reh 32,5 h und von einem Mufflon mit einem Körpergewicht von 33 kg 37,3 h retinieren. Diese nach Illius und Gordon (1992) berechneten Werte liegen im Vergleich zu den in dieser Arbeit bestimmten Verweilzeiten für das Reh (Jahresmittelwert: 23,6 h) deutlich zu hoch, während sie mit denen beim Mufflon (Jahresmittelwert: 36,0 h) übereinstimmen.

Der von Hofmann (1989) aufgestellten Hypothese, daß in Abhängigkeit vom Ernährungstyp die Konzentratsselektierer eine kürzere Retentionszeit als die Gras- und Rauhfutterfresser haben, wird von Gordon und Illius (1994) und Robbins et al. (1995) widersprochen. Gordon und Illius (1994) stellten aus der Analyse von Daten verschiedener Autoren eine Abhängigkeit der Verdauungskinetik (Fermentationsraten im Pansen, tägliche SCFA-Bildung, mittlere Retentionszeit des Futters im Gastro-Intestinal-Trakt) von Wiederkäuern vom Körpergewicht fest. Auch Robbins et al. (1995) demonstrierten anhand von bisherigen Ergebnissen die Flüssigkeitsverweilzeit im Vormagen als eine Funktion des Körpergewichtes unabhängig vom Ernährungstyp. Clauss (1998) kritisierte, daß die Untersuchungen beider Autoren hauptsächlich an Konzentratsselektierern mit geringem Körpergewicht und Grasfressern mit hohem Körpergewicht durchgeführt wurden. Er konnte durch Ingestakinetikmessungen an drei Netzgiraffen (*Giraffa camelopardis*) im Whipsnade Wild Animal Park, als besonders große Vertreter (ca. 1000 kg Körpergewicht) der Konzentratsselektierer nachweisen, daß die mittlere Verweildauer sowohl der Flüssigkeit als auch der Partikel (Tab. 17) bei Giraffen nicht vom Körpergewicht abhängig ist.

Die Ergebnisse aus der vorliegenden Arbeit über die Ingestakinetik bei Rehen (kleiner Konzentratsselektierer) und Mufflons (kleiner Grasfresser) bestätigen die Hypothese von Hofmann (1989). Das Reh hatte im gesamten Jahresverlauf eine bedeutend kürzere Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln im Ruminoretikulum und im Gastro-Intestinal-Trakt im Vergleich zum Mufflon, der eine ähnliche Körpergröße wie das Reh hat (Abb. 14, 15, 17 und 18).

Mit zunehmendem Alter und Wachstum der Tiere wurde ein leichter Anstieg der Retentionszeiten der Partikel im Hauben-Pansen-Raum beobachtet (Abb. 18). Das Körpergewicht der Rehe erhöhte sich während des Versuchszeitraumes (15 Monate) um 5 kg, während die Mufflons in dieser Zeit nur 1 bis 2 kg zunahmen. Mit zwei Jahren gilt ein Reh als körperlich ausgewachsen (Stubbe 1997). Bei Mufflons erfolgt die Hauptzunahme der Körpermasse bis zum vollendeten 4. Lebensjahr (Stubbe und Stubbe 1977a). Die für die Ingestakinetikversuche eingesetzten Tiere waren somit noch nicht vollständig ausgewachsen, was eine Erhöhung der Retentionszeiten mit fortschreitendem Wachstum zur Folge hatte.

Sowohl beim Reh als auch beim Mufflon konnte der Einfluß der Jahreszeiten, während der sich die Qualität und Verfügbarkeit der Pflanzen verändern, auf die Ingestakinetik gezeigt werden (Abb. 14, 15, 17 und 18). Die kürzesten Retentionszeiten von Partikeln und Flüssigkeit im Magen-Darm-Kanal wurden im Herbst gemessen. In dieser Jahreszeit erhöhten die Tiere zum Anlegen von Fettreserven die Nahrungsaufnahme (Feistzeit), was sich auch in der Erhöhung der Kotmenge widerspiegelte. Die Verkürzung der Retentionszeiten im Herbst wird vermutlich hauptsächlich durch die stark erhöhte Nahrungsaufnahme verursacht. Eine direkte Bestimmung der Nahrungsaufnahme konnte in der Arbeit mit Tieren in Gehegen mit natürlicher Vegetation nicht erfolgen. In die Erklärungen zur Nahrungsaufnahme gehen eigene Beobachtungen und die ausgeschiedene Kotmenge als indirektes Maß für die Aufnahme von Nahrung ein.

Eine Verlängerung der Retentionszeiten der Partikel und Flüssigkeit erfolgte beim Reh ab Januar und beim Mufflon bereits im Dezember. Beim Mufflon verlängerten sich die Verweilzeiten sowohl der Flüssigkeit als auch der Partikel im Magen-Darm-Kanal von Oktober bis Januar gleichermaßen (ca. 50 %). Beim Reh hingegen erhöhte sich die Flüssigkeitsverweilzeit im Winter nur um ca. 20 %, während die Partikel vor allem im Ruminoretikulum länger retiniert wurden (Tab. 19).

Tab. 19: Erhöhung der Retentionszeiten (%) von Flüssigkeit und Partikeln im GIT und RR bei Rehen und Mufflons von Oktober 1997 bis Januar 1998

Tierart	MRT _{Flüss.} im GIT	MRT _{Part.} im GIT	MRT _{Flüss.} im RR	MRT _{Part.} im RR
Reh	18,2	26,7	19,7	46,1
Mufflon	56,3	49,6	50,7	43,5

Der Anstieg der Retentionszeiten im Winter läßt sich durch die Veränderung der Nahrungsqualität erklären. Mit zunehmendem Pflanzenalter steigt der Zellwandanteil, indem sich an die Mittellamelle die primäre und sekundäre Zellwand teilweise auch eine tertiäre Zellwand anlagern. Der Gehalt an Hemicellulose und Cellulose wächst im Verlauf der Vegetationsperiode exponentiell, während der Ligningehalt der Gräser linear zunimmt (Van Soest 1965). Für die Verdaulichkeit der Pflanzenteile besitzt Lignin als unverwertbarer Zellwandbestandteil die größte Bedeutung. Beim Aufbau der pflanzlichen Zellwand kann Lignin verschiedene Bindungen mit potentiell verwertbaren Zellwandbestandteilen eingehen, so daß der mikrobielle Abbau im Verdauungstrakt nicht oder nur teilweise möglich ist. Der

mit zunehmendem Alter der Pflanzen ansteigende Gehalt am Ligno-Kohlenhydrat-Komplex hat somit wesentlichen Einfluß auf die Verdaulichkeit und das verfügbare Nährstoffpotential der Pflanzen (Abel et al. 1995). Die im Winter aufgenommenen Pflanzen sind somit nährstoffärmer, faserreicher und schlechter verdaulich.

Aufgrund der längeren Zeit, die für den mikrobiellen Abbau des erhöhten Anteils an Zellwandbestandteilen notwendig ist, verlängert sich die Retentionszeit der Partikel im Ruminoretikulum und somit auch im gesamten Magen-Darm-Kanal. Gleichzeitig sinkt aber auch die Häufigkeit und Höhe der Nahrungsaufnahme und der Stoffwechsel wird reduziert.

In Korrelation zur Erhöhung der Partikelretentionszeit verlängerte sich bei beiden Tierarten auch die Verweildauer der Flüssigkeit (Abb. 19 und 20). Sowohl durch die verringerte Futteraufnahme, die Aufnahme von zellsaftarmen Pflanzen als auch durch die Reduzierung der Speichelbildung aufgrund verminderter Bildung von kurzkettigen Fettsäuren aus den nährstoffarmen und schwer verdaulichen Pflanzen verlängert sich die Verweilzeit der Flüssigkeit im Magen-Darm-Kanal. Eine Korrelation zwischen der Verweildauer von Flüssigkeit und Partikeln konnten auch Renecker und Hudson (1990) beim Elch beobachten. Eine Verlängerung der Verweildauer der Ingesta wurde gleichfalls von Holand (1994) bei Rehen vom Sommer zum Winter sowie von Rutagwenda (1989) bei Ziegen und Schafen von der Regen- zur Trockenzeit in Kenia nachgewiesen.

Im Frühjahr, wenn den Tieren wieder nährstoffreiche cellulosearme Nahrung zur Verfügung steht, wird die Retentionszeit der Ingesta im Magen-Darm-Kanal wieder kürzer, jedoch nicht im gleichen Maße wie im Herbst. Hierbei spielen wahrscheinlich eine geringfügige Erhöhung der Nahrungsaufnahme, die bessere Verdaulichkeit und der hohe Gehalt an Zellsaft der jungen Pflanzen eine Rolle.

Zum Sommer ist wiederum eine leichte Erhöhung der Retentionszeiten der Flüssigkeit und der Partikel im Gastro-Intestinal-Trakt zu verzeichnen, da die Verdaulichkeit der Pflanzen mit zunehmenden Alter abnimmt und der Gehalt an Zellwandbestandteilen zunimmt.

Nicht zu vernachlässigen ist auch der Einfluß der Witterung, der Insekten und der Zusatzfütterung auf die Retentionszeit der Ingesta im Magen-Darm-Kanal. Hiermit sind Schwankungen im saisonalen Verlauf der Höhe der Verweilzeiten erklärbar. Schlechte Witterung (z.B. Dauerregen) verursachte besonders beim Mufflon eine Verringerung der Aktivität, der Futteraufnahme und somit eine Verlängerung der Retentionszeiten. Gleiche Veränderungen der Ingestaverweilzeiten wurden an heißen Tagen mit hoher Sonneneinstrahlung und bei Vorkommen von vielen Insekten beobachtet. Die Tiere waren stark beunruhigt, suchten Schatten bzw. flüchteten vor den Insekten, was zu einer zeitweisen Aktivitätserhöhung und dennoch verminderten Futteraufnahme am Tag führte. In dieser Zeit nahmen sie vor allem nachts die Nahrung auf.

Eine Zusatzfütterung von Oktober bis April mit Heu und Saftfutter konnte wegen der Gehegehaltung der Tiere nicht vermieden werden. Durch die Zusatzfütterung stand den Tieren täglich ausreichend Futter zur Verfügung, was den natürlichen Bedingungen nicht entspricht. Somit müßten sich die Verweilzeiten der Ingesta bei beiden Tierarten in der Natur infolge des verringerten Nahrungsangebotes im Winter noch stärker verlängern als im Gehege. Weiterhin erklärt diese die relativ

späte Verkürzung der Retentionszeiten bei den Rehen im Mai. Während die Mufflons schon ab April vorwiegend Pflanzen von der Luzerne-Gras-Wiese aufnahmen, stellten sich die Rehe erst im Mai von der Zusatzfütterung auf natürliche Vegetation um.

4.2.2 Selektive Retention von Partikeln im Ruminoretikulum

Bei Rehen und Mufflons werden im gesamten Jahresverlauf aufgrund der selektiven Partikelretention die Partikel länger im Ruminoretikulum retiniert als die Flüssigkeit. Der Mechanismus für eine selektive Partikelretention im Vormagen ist insbesondere bei Schafen und Rindern umfangreich untersucht worden. Er beruht in der gezielten Zurückhaltung von unverdauten Partikeln im Ruminoretikulum in Abhängigkeit von der Partikelgröße und -dichte aufgrund Sedimentations- und Flotationsprozessen. Messungen von Partikelgrößen der Digesta zeigten, daß sich die Wahrscheinlichkeit für die Partikel, den Vormagen zu verlassen, exponential mit der Partikelgröße verringert (Poppi et al. 1980). Durch Wiederkauen des Futters und mikrobiellen Abbau werden die Partikel zerkleinert, bis sie eine „kritische Partikelgröße“ erreichen, mit der eine Passage aus dem Ruminoretikulum möglich ist. Diese wird weder von der Größe des Ostium reticulo-omasicum noch von der Futterqualität bestimmt. Es ist dennoch möglich, daß Partikel, die die „kritische Partikelgröße“ noch nicht erreicht haben, den Vormagen passieren können (Lechner-Doll et al. 1991a). Faichney (1986) konnte nachweisen, daß auch sehr kleine Partikel durch Assoziation an größere Partikel und dem Seieffekt, der durch die Schichtung der groben Anteile des Panseninhalts hervorgerufen wird, im Ruminoretikulum retiniert werden („filter-bed effect“). Nach Kaske (1987) ist die Retention von Partikeln im Ruminoretikulum überwiegend von der Partikeldichte abhängig. Während der Öffnungsphase des Ostium reticulo-omasicum verlassen überwiegend Partikel mit hoher Dichte den Hauben-Pansen-Raum. Flotationsprozesse und Haubenkontraktionen bewirken die Retention von Partikeln mit geringer Dichte. Die Partikeldichte steht im Zusammenhang mit der Größe der Partikel und dem Gehalt an verdaulichen Bestandteilen. Große verdauliche Partikel haben eine geringere Dichte - aufgrund der bei der Fermentation durch die Pansenmikroorganismen entstehenden Gase - als kleine weitgehend mikrobiell abgebaute Partikel (Kaske 1987, Lechner-Doll et al. 1991a).

Der Selektivitätsfaktor - der Quotient von Partikel- und Flüssigkeitsverweilzeit im Ruminoretikulum - erlaubt einen Vergleich der Retentionsmechanismen im Vormagen verschiedener Wiederkäuerarten. Je größer der Selektivitätsfaktor um so stärker ist die selektive Retention der Partikel im Ruminoretikulum ausgeprägt.

Die Tabelle 20 zeigt Selektivitätsfaktoren von verschiedenen Wiederkäuern, die aus Daten verschiedener Autoren berechnet und mit eigenen Ergebnissen ergänzt wurden. Diese Autoren haben ebenfalls Untersuchungen mit den Markern Co-EDTA und Cr-Heu (< 2 mm Partikelgröße) durchgeführt. Die selektive Retention von Futterpartikeln nimmt vom Konzentratselektierer zum Grasfresser zu. Der Mechanismus zur Partikelretention ist somit beim Grasfresser stärker ausgebildet als beim Konzentratselektierer.

Tab. 20: Vergleich der selektiven Retention zwischen verschiedenen Wiederkäuern, ergänzt durch eigenen Werte

Tierart (Körpergewicht in kg)	Futter	Selektivitäts -faktor	Autor
<u>Konzentratselektierer</u>			
Reh (17,5 - 25) (Capreolus capreolus)	natürliche Vegetation	1,2 - 1,8	eigene Werte
Giraffe (700 - 1200) (Giraffa camelopardis)	Luzerneheu/ Pellet	1,29 - 1,46	Clauss (1998)
Elch (190 -370) (Alces alces)	Luzerneheu	1,14 - 1,60	Renecker und Hudson (1990)
	Grasheu	1,31	
<u>Intermediärtyp</u>			
Ziege (23 - 47) (Capra hircus)	Weide	2,06	Lechner-Doll et al. (1990)
Wapiti (130 - 160) (Cervus elaphus)	Luzerneheu	1,69 - 2,66	Renecker und Hudson (1990)
	Grasheu	1,63 - 2,19	
Steinbock (60) (Capra ibex nubiana)	Luzerneheu	1,72	Gross et al. (1996)
	Grasheu	2,03	
<u>Grasfresser</u>			
Mufflon (27,5 - 37) (Ovin ammon musimon)	Luzerne- Gras-Weide	1,71 - 2,99	eigene Werte
Schaf (19 - 55) (Ovis ammon)	Weide	1,94	Lechner-Doll et al. (1990)
Rind (185 - 375) (Bos taurus)	Weide	2,25 - 2,67	Renecker und Hudson (1990)
	Grasheu	2,91 - 3,31	
		Weide	2,79

Die im Jahresmittel für Reh und Mufflon ermittelten Selektivitätsfaktoren (Reh: 1,55, Mufflon: 2,1) entsprechen den für die einzelnen Ernährungstypen der Wiederkäuer aufgeführten Werten (Tab.20). Im Vormagen vom Mufflon werden die Futterpartikel länger zurückgehalten als beim Reh. Nach Hofmann (1973), Renecker und Hudson (1990), Nygren und Hofmann (1990) und Clauss (1998) sowie eigenen Beobachtungen (1995) erfolgt bei Konzentratselektierern die Schichtung der groben Futterbestandteile im Vormagen nicht oder nur geringfügig. Der Panseninhalt wird als eine homogene Masse beschrieben. Das führt zur Verringerung der selektiven Partikelretention, Verkürzung der

Partikelretentionszeit und somit zur verminderten Verdauung der Zellwandbestandteile. Untersuchungen zur Partikelgrößenverteilung im Pansen von Rehen (Clauss et al. 1999) und Schafen (Sutherland 1988) belegen diese Beobachtungen. Beim Schaf wurden die großen Partikel (> 2 mm Partikelgröße) in der obersten Schicht des Panseninhalts und Partikel mit einer Größe von 1 bis 2 mm sowohl in den oberen als auch in den unteren Schichten der Ingesta gefunden. Die kleinen Partikel (< 1 mm) kamen hauptsächlich in den unteren Schichten vor. Beim Reh hingegen konnte keine Schichtung der Ingesta nach Partikelgrößen ermittelt werden. Das deutet darauf hin, daß Rehe als Konzentratsselektierer die Pflanzen während der Aufnahme stärker und intensiver zerkleinern als Grasfresser.

Die nach den Daten von Holand (1994) kalkulierten Selektivitätsfaktoren beim Reh liegen zwischen 1,04 und 1,35. Diese sind zu niedrig, da Holand die Partikelretentionszeit im Ruminoretikulum aus dem exponentiellen Abfall der Markerkonzentrationen im Kot nach der Zwei-Kompartiment-Analyse von Grovum und Williams (1973) bestimmt hat. Nach dieser Methode wird die Verweilzeit der Partikel im Ruminoretikulum aufgrund der Außerachtlassung der Mehrpoolkinetik unterbewertet und damit der Selektivitätsfaktor zu gering berechnet.

Für die selektive Partikelretention beim Reh und Mufflon konnten keine Unterschiede zwischen den Jahreszeiten festgestellt werden. Diese Beobachtungen stimmen mit Ergebnissen von Lechner-Doll et al. (1990) überein.

4.2.3 Flüssigkeitsvolumen des Ruminoretikulums

Die Kapazität der Fermentationskammern spielt eine wichtige Rolle beim Abbau von Cellulose. Je größer diese sind, um so länger verweilen die Futterpartikel und die mikrobielle Fermentation von langsam verdaulichen Zellwandbestandteilen kann effizienter erfolgen (Van Soest et al. 1983). Rehe haben eine Vormagenkapazität von 3,5 - 5,0 l und ein Ingestavolumen von 1,2 - 1,7 l (Duncan et al. 1998). Mufflons weisen ein größeres Fassungsvermögen des Vormagens von 9,0 - 13,4 l und eine Ingestamenge von 4,1 - 7,2 kg (Drescher-Kaden 1976, bei Annahme eines Körpergewichtes von 33 kg) auf. Der Vormagen ist nur zu etwa 30 - 50 % seiner maximalen Kapazität gefüllt. Die Vormagenkapazität wird somit nicht vollständig ausgenutzt, was eine Anpassung des Vormagenvolumens an die saisonal wechselnde Nahrungs- und Wasseraufnahme sowie die sich verändernde Ingestaverweilzeit ermöglicht.

In der vorliegenden Arbeit wurde im Frühling/Sommer beim Reh ein Flüssigkeitsvolumen im Ruminoretikulum von 1,2 l und beim Mufflon von 2 l ermittelt. Während die Ergebnisse beim Reh mit denen aus der Literatur (Holand 1992, Duncan et al. 1998) übereinstimmen, liegt das gemessene Flüssigkeitsvolumen beim Mufflon deutlich unter den von Drescher-Kaden (1976) angegebenen Werten. Das größere Ingestavolumen beim Mufflon hat im Vergleich zum Reh bei Annahme gleicher Flußraten eine längere Verweilzeit der Ingesta im Ruminoretikulum und somit eine bessere Ausnutzung der Zellwandbestandteile zur Folge.

Wiederkäuer, die hoch verdauliche faserarme Pflanzen selektieren, tendieren zu einem geringeren Pansenvolumen relativ zum Körpergewicht als weniger selektive Wiederkäuerarten (Prins und Geelen 1971, Hofmann 1973, Kay et al. 1980, Kay 1987). Beim Reh und Mufflon hingegen konnten keine Unterschiede im Flüssigkeitsvolumen des Ruminoretikulums in Relation zum Körpergewicht (Reh: 6,1 % des KG, Mufflon: 6,3 % des KG) festgestellt werden (Abb. 22). Beide Tierarten haben aber vergleichsweise zu Ziegen (10,2 % des KG) und Schafen (11,1 % des KG) (Rutagwenda 1989) ein deutlich geringeres relatives Ingestavolumen. Eine mögliche Ursache für das zu geringe absolute und relative Ingestavolumen des Ruminoretikulums der untersuchten Mufflons könnte darin liegen, daß die Bestimmungen zu einem Zeitpunkt erfolgten, als die Tiere noch nicht ausgewachsen waren (zu Beginn des gesamten Versuchszeitraumes). Weiterhin könnte auch die Aufnahme von leicht verdaulicher Luzerne durch die Mufflons ein geringeres Ingestavolumen zur Folge haben.

4.2.4 Flußrate von Flüssigkeit aus dem Ruminoretikulum

Robbins et al. (1995) demonstrierte, daß die Flußrate von Flüssigkeit aus dem RR ($F_{\text{Flüss.RR}}$ in l * h⁻¹) nach folgender Gleichung vom Körpergewicht (KG in kg) beim Wiederkäuer unabhängig vom Ernährungstyp ist:

$$F_{\text{Flüss.RR}} = 0,0115 * \text{KG}^{0,98} \quad (r^2 = 0,91).$$

Hiernach würden bei einem Reh mit 20 kg Körpergewicht 216 ml und bei einem Mufflon (33 kg) 354 ml Flüssigkeit je Stunde aus dem Ruminoretikulum fließen. Im Vergleich hierzu wurden in der vorliegenden Arbeit beim Reh geringfügig (180 ml * h⁻¹) und beim Mufflon bedeutend niedrigere (230 ml * h⁻¹) Flüssigkeitsflußraten ermittelt.

Relativ zum Körpergewicht floß beim Reh (9,9 ml * h⁻¹ * kg⁻¹) mehr Flüssigkeit je Stunde aus dem RR als beim Mufflon (7,5 ml * h⁻¹ * kg⁻¹) (Abb. 23), aber dennoch weniger als bei Schafen (12,4 ml * h⁻¹ * kg⁻¹) und Ziegen (10,2 ml * h⁻¹ * kg⁻¹) in der Regenzeit in Kenia (Rutagwenda 1989).

4.2.5 Saisonale Schwankungen im Gehalt an unverdaulichem Material im Gastro-Intestinal-Trakt und in der täglich ausgeschiedenen Kotmenge

Bei Rehen und Mufflons wurde im Jahresmittel eine tägliche Kotausscheidung in nahezu gleicher Höhe errechnet (Reh: 254,1 ± 73 g TS * d⁻¹; Mufflon: 286,8 ± 105 g TS * d⁻¹) (Abb. 27). Rehe schieden hingegen im Verhältnis zum Körpergewicht mehr Kot aus (12,7 g TS * d⁻¹ * kg⁻¹ KG) als Mufflons (8,7 g TS * d⁻¹ * kg⁻¹ KG), was ein Hinweis auf eine verminderte Celluloseverdauung aufgrund der kürzeren Partikelretentionszeit im Ruminoretikulum sein kann. Aber auch die häufige Nahrungsaufnahme der Rehe wegen des spezifisch höheren Energiebedarfs könnte dabei eine Rolle spielen. Mufflons nutzen die aufgenommene Nahrung aufgrund des längeren Aufenthaltes der Partikel im Hauben-Pansen-Raum besser aus und scheiden somit weniger unverdauliches Material je kg Körpergewicht aus. Daraus läßt sich schlußfolgern, daß Mufflons bei der gleichen täglich

ausgeschiedenen Kotmenge infolge der besseren Verdauung mehr Nahrung aufnehmen als Rehe. Das entspricht den vergleichenden Messungen zur Nahrungsaufnahme bei Rehen und Mufflons von Baugatz et al. (1997b).

Schafe scheiden bei einer Erhaltungsdiät $268 - 374 \text{ g TS} \cdot \text{d}^{-1}$ und bei ad libitum Fütterung $515 \text{ g TS} \cdot \text{d}^{-1}$ Kot aus (Holleman und White 1989). Holleman und White (1989) ermittelten die Kotmengen bei Schafen durch direkte Bestimmungen (Sammeln des gesamten täglich ausgeschiedenen Kots). Die in der vorliegenden Arbeit berechnete Kotmenge der Mufflons liegt etwas unterhalb der Werte der Schafe. Da die Mufflons kleiner sind als Schafe, erscheinen die eigenen Berechnungen der Kotmengen über die Markerkonzentrationen im Kot plausibel. Die in Relation zum Körpergewicht ausgeschiedene Kotmenge ist beim Mufflon ($8,7 \text{ g TS} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ KG}$) höher als beim Schaf ($5,9 \text{ g TS} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ KG}$) (Holleman und White 1989).

Aus der täglich ausgeschiedenen Kotmenge und der Retentionszeit der Partikel im Gastro-Intestinal-Trakt bzw. im Ruminoretikulum läßt sich (Holleman und White 1989, Holand 1994) der Gehalt an unverdaulichem Material in diesen Verdauungsabschnitten bestimmen. Der Gehalt an unverdaulichem Material im Hauben-Pansen-Raum ist bei konstanter Fermentationsrate und Wassergehalt der Ingesta ein Maß für das Ingestavolumen des Hauben-Pansen-Raumes.

Der Gehalt an unverdaulichem Material im Magen-Darm-Kanal sowie die ausgeschiedene Kotmenge wird in erster Linie von der Menge der aufgenommenen Nahrung und dessen Verdaulichkeit, die mit dem Gehalt der Pflanzen an Zellwandbestandteilen korreliert, bestimmt.

Diese unterliegen saisonalen Schwankungen, wobei das Maximum zur Feistzeit im Herbst erreicht wird (Abb. 27, 30 und 31). Die Ursache dafür liegt in der erhöhten Nahrungsaufnahme zum Anlegen eines Fettdepots für den Winter, die kürzere Retentionszeiten zur Folge hat. Kürzere Retentionszeiten vermindern die Verdaulichkeit der Ingesta und teilverdaute Bestandteile werden ausgeschieden, so daß sich dadurch der Gehalt an unverdaulichem Material im Magen-Darm-Kanal und die Kotmenge erhöhen.

Zum Winter reduzieren die Tiere wieder die Aufnahme von Nahrung. Die aufgenommenen Pflanzen sind im Gegensatz zur Vegetationszeit geringer verdaulich, woraus eine Erhöhung des Ingestavolumens und der Kotmenge resultiert (Renecker und Hudson 1990). Beim Wiederkäuer hat die Pansenfüllung auf die Höhe der Futteraufnahme einen bedeutenden Einfluß. Die Schnelligkeit des Abbaus und die Menge der gebildeten flüchtigen Fettsäuren sind ebenfalls von Bedeutung. Ein schneller Abbau der Zellwände vermag die Futteraufnahme zu erhöhen (Abel et al. 1995), während eine verringerte Fermentation eine Einschränkung der Nahrungsaufnahme zur Folge hat. Die Erhöhung des Ingestavolumens aufgrund der schlechteren Verdaulichkeit der Pflanzen wird bei Rehen und Mufflons durch die Reduzierung der Nahrungsaufnahme kompensiert. Ein Anstieg des Gehaltes an unverdaulichem Material im Gastro-Intestinal-Trakt ist daher nicht meßbar.

Die Ergebnisse zum saisonalen Verlauf des Gehaltes an unverdaulichem Material im Ruminoretikulum als Maß für das Ingestavolumen entsprechen den Messungen von Hofmann et al. (1976) und Hofmann (1989), die eine maximale

Pansenkapazität im Herbst und minimale im späten Winter beim Reh beschreiben. Im Gegensatz stehen sie mit den Aussagen von Holand (1992) und Rutagwenda (1989). Hier wurde ein maximales Ingestavolumen aufgrund der längeren Retentionszeit für Rehe im Winter bzw. Schafe und Ziegen in der Trockenzeit in Kenia und ein minimales im Sommer bzw. Regenzeit ermittelt.

4.2.6 Trockensubstanzgehalt im Kot

Der Wassergehalt des Kotes ist von der Beschaffenheit des Futters, der Flüssigkeitsaufnahme, der Dauer des Aufenthaltes des Futters und der Wasserresorption im Verdauungskanal, besonders im Kolon, abhängig.

Nach der Einnahme des Flüssigkeitsmarkers Co-EDTA (ca. 10 bis 30 Stunden) konnte eine Verringerung des Trockensubstanzgehaltes im Kot, die durch den osmotischen Effekt von Co-EDTA aufgrund einer verringerten Wasserresorption im Pansen (Van Soest 1988) hervorgerufen wurde, beobachtet werden (Abb. 28). Dieser Effekt trat bei beiden Tierarten auf und war individuell unterschiedlich ausgeprägt. Er verursachte aber keine Diarrhöe.

Einen ausgeprägten osmotischen Effekt von Co-EDTA konnte ebenfalls Bernard et al. (1995) bei Untersuchungen am Großkantschil (*Tragulus napu*) nachgewiesen werden. Hier hatten die Tiere 10 h nach der Markereinnahme Diarrhöe, die auch bei Verringerung der Markerdosis nicht verhindert werden konnte. Erst bei Wechsel des Markers (Cr-EDTA) trat sie nicht mehr auf. Eine Erklärung für diesen Unterschied zwischen Co-EDTA und Cr-EDTA wird jedoch nicht gegeben.

In der Tendenz wurde im Winter infolge der Aufnahme faserreicherer Pflanzen ein höherer Trockensubstanzgehalt im Kot als im Herbst gemessen (Abb. 29). Da die Wasserresorption vorwiegend im Kolon erfolgt, spielt die Verweildauer der Digesta dort auch eine wichtige Rolle. Diese konnte in den Untersuchungen nur indirekt über die Retentionszeit der Digesta distal des Vormagens gemessen werden. Sie war im Winter länger als im Sommer, was die Erhöhung der Zeit für die Wasserresorption und somit vermutlich den geringeren Wassergehalt im Kot zur Folge hatte. Im Jahresdurchschnitt unterscheiden sich bei Rehen und Mufflons der Trockensubstanzgehalt im Kot aber auch die Verweildauer der Digesta distal des Ruminoretikulums nur geringfügig voneinander.

4.2.7 Kurzkettige Fettsäuren im Ruminoretikulum

Kurzkettige Fettsäuren (SCFA) werden durch mikrobielle Fermentation der Zellinhaltsstoffe und Zellwandbestandteile im Ruminoretikulum gebildet und über die Pansenzotten größtenteils resorbiert. Konzentrationen und Proportionen der kurzkettigen Fettsäuren können als Ausdruck der Nährstoffversorgung und dessen Verarbeitung durch die Mikroorganismen gewertet werden (Drescher-Kaden 1981).

Im Tagesprofil der Konzentrationen der einzelnen kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft beim Mufflon sind Schwankungen in Abhängigkeit von dem Futteraufnahmezeitpunkt zu beobachten (Abb. 32). Unmittelbar nach der Futteraufnahme steigt die SCFA-Konzentration an und fällt dann allmählich wieder ab. Mit zunehmender Häufigkeit der Futteraufnahme nivellieren sich die Schwankungen weitgehend und gleichzeitig erhöht sich die durchschnittliche Konzentration an Gesamtsäure. Somit sind beim Reh aufgrund der sehr häufigen Futteraufnahme aber auch der hohen Zottenanzahl kaum Schwankungen der SCFA im Tagesverlauf zu erwarten.

Die Konzentrationen der einzelnen kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft und ihre Summe sind von der Bildungsrate, zum anderen aber auch von der Geschwindigkeit der Absorption der Fettsäuren, der Verwertung durch die Mikroorganismen, der Geschwindigkeit des Abtransportes aus dem Hauben-Pansen-Raum, der Verdünnung durch Speichel, der Geschwindigkeit der Wasserabsorption und vom Pansenflüssigkeitsvolumen abhängig (Lechner-Doll et al. 1991b). Die Gesamtkonzentration sowie die molaren Anteile der einzelnen Fettsäuren im Pansensaft kann daher nur als ein grober Maßstab zur Beurteilung der Bildungsrate derselben betrachtet werden. Lechner-Doll et al. (1991b) schlußfolgerte aus Untersuchungen an Schafen, Ziegen und Kamelen, daß die SCFA-Konzentration nicht die aktuelle Bildungsrate widerspiegelt, da die Verdünnung, das Volumen des Pansens und die Absorption der SCFA die SCFA-Konzentrationen mehr beeinflussen als die Bildungsrate.

Dennoch wird in den wenigen vorliegenden Arbeiten über Fermentationsprodukte im Vormagen von freilebenden Wiederkäuern (Short 1971, Kellner 1976, Drescher-Kaden und Seifelnasr 1977, Hoppe 1977, Drescher-Kaden 1981, Hennig et al. 1984, Tataruch und Ondersheka 1993, Boomker 1995) die Konzentration und die molare Verteilung der SCFA als Ausdruck einer artspezifischen Nahrungswahl angesehen.

In der vorliegenden Arbeit konnten jahreszeitliche Konzentrationsänderungen der kurzkettigen Fettsäuren im Ruminoretikulum sowohl beim Reh als auch beim Mufflon gemessen werden (Abb. 33). Diese Änderungen lassen sich durch die jahreszeitlich wechselnde Nahrungsqualität und Futteraufnahme erklären. Die Konzentration an Gesamtfettsäure im Ruminoretikulum wird beeinflußt von der Art und Menge der aufgenommenen Nahrung durch Veränderung der Bildungsrate der SCFA. Das Fettsäuremuster verändert sich nur bei Wechsel der Nahrungszusammensetzung, während es bei Änderung der Menge der Nahrungsaufnahme konstant bleiben sollte.

Im Frühling entsprach der nährstoffreicheren, leichtverdaulichen Vegetation ein hoher Gehalt an SCFA im Pansensaft. Während der Feistzeit im Herbst ist das

Maximum an kurzkettigen Fettsäuren auf die erhöhte Nahrungsaufnahme zurückzuführen. Mit der Abnahme der Qualität der verfügbaren Pflanzen und Reduzierung der Nahrungsaufnahme konnte im Winter eine Abnahme der Gesamtsäure gemessen werden. Dennoch ist der saisonale Verlauf der Fettsäurenkonzentrationen kritisch zu betrachten, da die Pansensaftentnahme bei den Rehen nur stets nachts (20.⁰⁰ - 01.⁰⁰ Uhr) und bei den Mufflons zwischen 10.⁰⁰ und 15.⁰⁰ Uhr erfolgen konnte. Ein möglicher Einfluß der tageszeitlichen Schwankungen ist deshalb nicht auszuschließen.

Im Jahresmittel waren die SCFA-Konzentrationen beim Reh ($60 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$) bedeutend niedriger als beim Mufflon ($104 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Vergleichsweise hierzu lagen die SCFA-Konzentration bei Rehen im Herbst bei $102 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (Hennig et al. 1984) bzw. bei $140 - 156 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (Drescher-Kaden und Seifelnasr 1977) sowie im Jahresmittel bei $91 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (Tataruch und Onderscheka 1993). Drescher-Kaden und Seifelnasr (1977) ermittelten bei Mufflons eine SCFA-Konzentration von $125 - 174 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Bei Konzentratsselektierern wäre eine höhere SCFA-Konzentration als bei Grasfressern zu erwarten gewesen, da diese bevorzugt Pflanzenteile, die reich an und leicht fermentierbaren Kohlenhydraten sind, aufnehmen. Es kann daher nicht aus der Gesamtfettsäurekonzentration auf die absolute SCFA-Produktion geschlossen werden. Die SCFA-Resorption über die Pansenzotten erfolgt beim Reh aufgrund einer hohen Pansenzottendichte und des großen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses sicher rascher als beim Grasfresser (Hofmann 1989). Weiterhin verursacht die hohe Speichelbildung und die kurze Flüssigkeitsverweilzeit im Ruminoretikulum eine Verringerung der SCFA-Konzentration. Diese Ursachen erklären den niedrigen Gehalt an SCFA im Pansensaft beim Reh.

Hingegen ist es möglich, aus den molaren Anteilen der Fettsäuren an der Gesamtsäure eine Schlußfolgerung auf die Futterzusammensetzung zu ziehen. Rohfaserreiches Futter hat hohe Konzentrationen an Acetat (65 - 75 Mol%) und einen niedrigen Gehalt an Butyrat (8-10 Mol%) zur Folge. Ein Futterwechsel von Heu zu Kraftfutter (stärkereiches Futter) führt zu einer Verminderung des molaren Anteiles an Acetat und zu einer Zunahme der Propionatkonzentration. Wie bei Drescher-Kaden und Seifelnasr (1977) zeigten sich bei den Untersuchungen Unterschiede im Fettsäuremuster zwischen Reh und Mufflon bedingt durch die unterschiedliche Nahrungswahl und durch artspezifische Pansenmikroorganismen. Der Anteil an Propionat war beim Reh höher als beim Mufflon, während beim Mufflon ein höherer Anteil an Butter-, Valerian-, iso-Buter- und iso-Valeriansäure als beim Reh gemessen wurde (Abb. 36 und 37). Ein höherer Propionatanteil weist auf die Aufnahme von Pflanzen, die reich an Zellinhaltsstoffen und arm an Zellwandbestandteilen sind, was typisch für das Reh ist. Im Gehalt an Acetat wurde kein Unterschied zwischen den beiden Tierarten gefunden. Die Acetatkonzentration entspricht den in der Literatur angegebenen Werten (Drescher-Kaden und Seifelnasr 1977, Hennig et al. 1984, Tataruch und Onderscheka 1993). Beim Mufflon hingegen lag dieser niedriger als bei Mufflons in der freien Wildbahn (Drescher-Kaden und Seifelnasr 1977), was möglicherweise mit der Zufütterung von Konzentrattfutter und der Luzerneaufnahme begründet werden kann. Dies verringert die Acetatkonzentration und fördert die Propionatbildung.

Nach Drescher-Kaden und Seifelnasr (1977), Hennig et al. (1984) und Tataruch und Ondersheka (1993) sind beim Reh Proportionen von Acetat und Propionat von 2,5 - 2,7 und beim Mufflon von 3,8 - 4,0 beschrieben. In den eigenen Untersuchungen betrug das Acetat-Propionat-Verhältnis beim Reh 2,3 und beim Mufflon 3,4. Diese vergleichsweise engeren Verhältnisse bei beiden Tierarten sind wahrscheinlich auf die Zusatzfütterung mit Kraftfutter zurückzuführen.

4.2.8 Einfluß von abweichenden Versuchsbedingungen

Während der Untersuchungen konnte ein unmittelbarer Einfluß von verschiedenen abweichenden Versuchsbedingungen (Trächtigkeit, Narkosenachwirkungen, unregelmäßige Fütterung) auf die Ingestakinetik bei Rehen und Mufflons beobachtet werden. Dieser Einfluß beruhte vorwiegend auf einer Veränderung der Menge der Nahrungsaufnahme.

Trächtigkeit :

Beim Versuchsdurchgang im April 1997 waren die Mufflonschafe hoch tragend. Sie fraßen weniger und schieden weniger Kot aus als im gleichen Monat im folgenden Jahr, als sie nicht tragend waren. Weiterhin hatte das aufgrund der Trächtigkeit verringerte Volumen des Magen-Darm-Kanals kürzere Verweilzeiten der Ingesta zur Folge (Tab. 13).

Narkosenachwirkungen:

Tiere, die einen Tag vor der Markereingabe immobilisiert worden waren, zeigten Narkosenachwirkungen. Die eingeschränkte Motilität des Magen-Darm-Kanals und die verringerte Nahrungsaufnahme ergab eine deutliche Verlängerung der Retentionszeiten der Ingesta sowie eine Verringerung der Ausscheidung von Kot, der einen höheren Trockensubstanzgehalt hatte (Tab. 14).

Unregelmäßige Fütterung:

Der Wechsel von einer eingeschränkten Fütterung zur ad libitum Fütterung im Winter führte zur Erhöhung der Futteraufnahme der Tiere. Die Ingestaverweilzeiten verkürzten sich, obwohl die Tiere faserreiches Futter (Heu) aufnahmen. Weiterhin wurde mehr Kot mit einem geringeren Trockensubstanzgehalt ausgeschieden. Der Gehalt an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft stieg an, da die Tiere mehr Zusatzfutter aufnahmen (Tab. 15). In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis zeigte auch Holand (1994) den Effekt der Verkürzung der Retentionszeiten der Ingesta von einer reduzierten Fütterung zum Nahrungsangebot ad libitum bei gleichbleibender Futterqualität bei Rehen.

4.3 Zusammenfassende Wertung

Die Betrachtung der durchgeführten Untersuchungen zur Ingestakinetik bei Rehen und Mufflons lässt folgende Schlüsse zu:

- Die angewandte Methode zur Bestimmung der Retentionszeiten von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Kanal von Rehen und Mufflons unter relativ natürlichen Bedingungen ist genau, bringt realistische Ergebnisse, ist aber sehr zeitaufwendig.
- Sowohl beim Reh als ursprünglichem Wiederkäuer als auch beim Mufflon als spezialisiertem Celluloseverdauung verändert sich die Ingestakinetik, der Gehalt an unverdaulichem Material im Magen-Darm-Kanal, die ausgeschiedene Kotmenge und die SCFA-Konzentration im Pansensaft in Abhängigkeit von der Jahreszeit.
- Die Retentionszeiten sowohl von Flüssigkeit als auch von Partikeln sind bei beiden Tierarten im Herbst kürzer als im Winter, was vor allem durch eine erhöhte Nahrungsaufnahme verursacht wird. Der reduzierte Stoffwechsel und die Aufnahme von schwerer verdaulichen Pflanzen, die reich an Cellulose und Lignin sind, haben eine Verlängerung der Retentionszeiten im Winter zur Folge.
- Eine kurze Retentionszeit der Partikel im Ruminoretikulum beim Reh aufgrund des kleinen Vormagenvolumens, des hohen Speichelflusses und des weiten Ostium reticulo-omasicum bedingt eine unvollständige Verdauung von Cellulose, während beim Mufflon infolge der längeren Partikelverweilzeit im Ruminoretikulum bessere Voraussetzungen zur Celluloseverdauung vorhanden sind.
- Bei beiden Tierarten gibt es eine selektive Partikelretention im Ruminoretikulum. Sie ist jedoch beim Reh wegen der wenig ausgeprägten Schichtung des Vormageninhaltes geringer ausgebildet als beim Mufflon. Die selektive Partikelretention ist im Jahresverlauf relativ konstant und ist somit unabhängig von der Zusammensetzung und Aufnahme der Nahrung.
- Bei der absoluten täglichen Kotausscheidung gibt es zwischen Reh und Mufflon keine wesentlichen Unterschiede. Rehe scheiden hingegen im Verhältnis zum Körpergewicht mehr Kot aus als Mufflons, was auf eine verminderte Celluloseverdauung im Ruminoretikulum hinweist.
- Die absolute Konzentration an kurzkettigen Fettsäuren ist beim Reh niedriger als beim Mufflon aufgrund der durch die hohe Pansenzottendichte hohen SCFA-Resorption, der hohen Speichelbildung und der kurzen Ingestaverweilzeit. Die molare Verteilung der Fettsäuren beim Reh verweist auf die Selektion von Pflanzen, die reich an Zellinhalt und arm an Fasern sind, und beim Mufflon auf die Aufnahme von faserreicheren Pflanzen.
- Rehe decken ihren aufgrund der geringen Körpermasse relativ hohen Energiebedarf infolge der kurzen Ingestaverweilzeit nur teilweise über die Verwertung von Cellulose. Sie verfügen über besondere Anpassungsstrategien zur Nutzung der aufgenommenen Nahrungsenergie. Einerseits selektieren sie Pflanzen mit hoher Qualität, die reich an

Pflanzenzellinhalt und löslichen Zuckern sind. Während der Nahrungsaufnahme wird der Pflanzensaft freigesetzt und teilweise über die Magenrinne direkt in den Labmagen weitergeleitet (rumen bypass). So kann Glucose ohne Energieverluste, die sonst bei der mikrobiellen Fermentation im Vormagen entstehen, über den intestinalen Natrium-abhängigen Glucose Cotransporter im Dünndarm resorbiert werden (Rowell-Schäfer 1999). Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß Nahrungsbestandteile, die unvollständig verdaut den Vormagen verlassen (ruminal escape), in den distalen Magen-Darm-Abschnitten abgebaut werden. Das Reh vermag durch diese Anpassungsmechanismen die Nachteile, die durch die kurze Retentionszeit der Ingesta im Magen-Darm-Kanal entstehen, zu kompensieren.

5 Zusammenfassung

Die Verdaulichkeit langsam abbaubarer Pflanzenbestandteile steigt mit zunehmender Partikelverweilzeit im Vormagen von Wiederkäuern. Die Ingestaverweilzeit im Gastro-Intestinal-Trakt ist abhängig von der Größe der Fermentationskammern, der Nahrungsaufnahme, vom Speichelfluß und von der selektiven Retention von Futterpartikeln. Die mittlere Retentionszeit (MRT) von Flüssigkeit und Partikeln müßte sich zwischen den Tierarten unterscheiden und saisonbedingt in Abhängigkeit von der Qualität und des Angebotes der Nahrung verändern. Mit der Messung der Ingestapassage an Rehen als Konzentratselektierer im Vergleich zu Mufflons als Grasfresser werden Faktoren der Anpassung an das jahreszeitlich wechselnde Nahrungsangebot dieser verschiedenen Wildtierarten untersucht.

Voraussetzung für die Durchführung der Versuche war die Gewöhnung der Wildtiere an den Menschen. Vier Rehkitze und fünf Mufflonlämmer wurden mit dem Milchaustauscher Salvana Lämmermilch handaufgezogen. Den Tieren wurde zum dorsalen Pansensack eine Vormagenkanüle implantiert. Die Haltung der Tiere erfolgte in tierartgerechten Gehegen mit natürlicher Vegetation. Den Rehkitzen und Mufflonlämmern wurde in zwei Altersstufen über eine Flaschenfütterung ein Flüssigkeitsmarker (Cr-EDTA) und den adulten Rehen und Mufflons monatlich innerhalb eines Versuchszeitraumes von 15 Monaten über die Vormagenfistel ein Marker für Flüssigkeit (Co-EDTA) sowie Partikel (Cr-markiertes Heu) verabreicht und anschließend 5 Tage regelmäßig alle 4 h Kot gesammelt. Die Co- und Cr-Konzentrationen der in einem neu entwickelten Säureaufschluß aufbereiteten Proben wurden atomabsorptionsspektrometrisch bestimmt. Die Berechnung der Retentionszeit der Flüssigkeit und Partikel im Gastro-Intestinal-Trakt und im Ruminoretikulum erfolgte nach Thielemans et al. (1978), Grovum und Williams (1973) und Lechner-Doll (1990).

Derartige Untersuchungen wurden erstmals unter annähernd natürlichen Bedingungen vergleichend an Rehen (n = 2) und Mufflons (n = 5) durchgeführt und lieferten folgende Ergebnisse:

1. Bei Jungtieren wurde mit zunehmendem Alter bis zum Absetzen der Flaschenfütterung die Aufnahme von pflanzlicher Nahrung und die täglich ausgeschiedene Kotmenge größer, was zu einer Verkürzung der Retentionszeit der Ingesta distal des Ruminoretikulums führte.
2. Die Gesamtverweildauer von Flüssigkeit und Partikeln im Gastro-Intestinal-Trakt war beim Reh ($MRT_{\text{Flüss.GIT}} = 18,1 \pm 2,4$ h, $MRT_{\text{Part.GIT}} = 23,6 \pm 3,8$ h) im gesamten Jahresverlauf kürzer als beim Mufflon ($MRT_{\text{Flüss.GIT}} = 22,5 \pm 3,9$ h, $MRT_{\text{Part.GIT}} = 36,0 \pm 4,2$ h). Die Partikelverweilzeit im Ruminoretikulum beim Reh betrug $MRT_{\text{Part.RR}} = 13,9 \pm 3,1$ h und beim Mufflon $MRT_{\text{Part.RR}} = 24,8 \pm 3,0$ h. Flüssigkeit verweilte im Ruminoretikulum beim Reh $MRT_{\text{Flüss.RR}} = 8,0 \pm 1,0$ h und beim Mufflon $MRT_{\text{Flüss.RR}} = 11,5 \pm 2,0$ h.
3. Bei beiden Tierarten waren die Retentionszeiten der Ingesta im Gastro-Intestinal-Trakt erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen

unterworfen. Sie waren im Herbst bei erhöhter Nahrungsaufnahme verkürzt und im Winter durch eine Reduzierung des Stoffwechsels und der Aufnahme von Pflanzen mit geringerer Verdaulichkeit verlängert.

4. Es wurde ein kleinerer Selektivitätsfaktor (Verhältnis zwischen Partikel- und Flüssigkeitsverweilzeit im Ruminoretikulum) beim Reh ($SF = 1,55 \pm 0,16$) als beim Mufflon ($SF = 2,1 \pm 0,29$) ermittelt. Das deutet darauf hin, daß Rehe beim ersten Kauen Futterpartikel stärker zerkleinern als Mufflons und die Retention im Vormagen aufgrund verminderter (oder fehlender) Schichtung der Partikel weniger selektiv nach Partikelgröße erfolgt.
5. Das Flüssigkeitsvolumen des Ruminoretikulums war beim Reh kleiner als beim Mufflon.
6. Der Gehalt an unverdaulichem Material im Magen-Darm-Kanal und die täglich ausgeschiedenen Kotmengen erhöhte sich bei Rehen und Mufflons nur im Spätsommer/Herbst zur Feistzeit und waren im übrigen Jahresverlauf weitgehend konstant.
7. Die Konzentrationen an kurzkettigen Fettsäuren veränderten sich tageszeitlich und saisonal in Abhängigkeit von Aufnahme und Zusammensetzung der Nahrung. Die für Konzentratselktierer und Grasfresser typische molare Verteilung der Fettsäuren konnte bei beiden Tierarten bestätigt werden.

Das Reh hat im Gegensatz zum Mufflon aufgrund der kürzeren Verweilzeit der Partikel im Ruminoretikulum schlechtere Voraussetzungen für die Verwertung von cellulosehaltigen Pflanzen. Der geringe Celluloseabbau beim Reh in der Vegetationszeit beruht auf der ungenügend zur Verfügung stehenden Zeit zur Fermentation, obwohl die cellulolytischen Enzyme ausreichend vorhanden sind. Im Winter hingegen wird die geringe Celluloseverwertung vorwiegend durch eine reduzierte Cellulaseaktivität trotz Verlängerung der Verweildauer der Futterpartikel im Vormagen verursacht. Lange Verweilzeiten von Futterpartikeln im Ruminoretikulum beim Mufflon schaffen immer günstige Bedingungen für die Einbeziehung der Cellulose in die energetische Nutzung. Die sich saisonal verändernden Retentionszeiten der Ingesta im Gastro-Intestinal-Trakt machen die Anpassungsfähigkeit beider Tierarten an das jahreszeitlich wechselnde Nahrungsangebot deutlich.

6 Summary

The digestibility of slowly fermentable/digestible plant material increases with increasing particle retention time in the forestomach of ruminants. The retention time in the gastro-intestinal-tract depends on the size of the fermentation chambers, the food intake, the saliva flow and the selective retention of food particles. The mean retention time (MRT) of fluid and particles should differ between ruminant species and, according to differences in food quality and availability, between seasons. By measuring the ingesta passage rate of roe deer, a concentrate selector, in comparison with mouflon, a grass and roughage eater, adaptation factors of these different species to the seasonally changing forage supply were investigated.

A prerequisite for the trials was the habituation of the wild animals to the human investigator. Four roe deer fawns and five mouflon lambs were hand-raised with a commercial milk replacer. Rumen fistulas were implanted in all adult animals leading to the dorsal ruminal chamber. The animals were kept in adequate enclosures with natural vegetation. Roe deer fawns and mouflon lambs of two age classes were bottle-fed with a fluid marker (Cr-EDTA); monthly, for 15 months, a fluid (Co-EDTA) and a particle (Cr-mordanted fibre) marker were applied to all adult animals via the rumen fistula. After marker application, faecal samples were collected every 4 hours for 5 days. Faecal samples were prepared according to a newly developed method with sulphuric acid. The Co- and Cr-concentrations were measured by atomic absorption spectrophotometry. The retention time of fluid and particle phase in the gastro-intestinal-tract were calculated according to Thielemans et al. (1978), Grovum und Williams (1973) und Lechner-Doll (1990).

Such investigations were carried out for the first time under natural conditions comparing roe deer ($n = 2$) and mouflons ($n = 5$), and yielded the following results:

1. In young animals, the ingestion of plant material and the daily faecal volume increased with increasing age up to the point of weaning, leading to a reduction of ingesta retention time distal of the reticulorumen.
2. The total retention time of fluid and particles in the gastro-intestinal-tract was, for roe deer ($MRT_{\text{fluid GIT}} = 18,1 \pm 2,4 \text{ h}$, $MRT_{\text{part.GIT}} = 23,6 \pm 3,8 \text{ h}$) shorter than for mouflon ($MRT_{\text{fluid GIT}} = 22,5 \pm 3,9 \text{ h}$, $MRT_{\text{part.GIT}} = 36,0 \pm 4,2 \text{ h}$) during the whole year. The particle retention time in the reticulorumen was for roe deer $MRT_{\text{part.RR}} = 13,9 \pm 3,1 \text{ h}$ and for mouflon $MRT_{\text{part.RR}} = 24,8 \pm 3,0 \text{ h}$. Fluid remained in the reticulorumen of roe deer for $MRT_{\text{fluid RR}} = 8,0 \pm 1,0 \text{ h}$ and of mouflon for $MRT_{\text{fluid RR}} = 11,5 \pm 2,0 \text{ h}$.
3. For both species, the ingesta retention time in the gastro-intestinal-tract showed significant seasonal fluctuations. They were shorter during autumn, when the animals showed an increased food intake, and longer in winter due to a reduction in both metabolic rate and ingestion of forage of low digestibility.

4. Roe deer had a smaller selectivity factor (the quotient of particle reticulorumen retention time over fluid reticulorumen retention time) ($SF = 1,55 \pm 0,16$) than mouflon ($SF = 2,1 \pm 0,29$). This indicates that roe deer reduce the food particle size more efficiently during initial ingestion than mouflon, and that the forestomach particle retention is less selective in roe deer because of a less prominent (or absent) ingesta stratification.
5. The fluid volume of the reticulorumen of roe deer was smaller than that of mouflon.
6. The content of indigestible material in the gastro-intestinal-tract and the daily faecal volume increased for both roe deer and mouflon during late summer and autumn and were constant during the rest of the year.
7. The concentrations of short-chain fatty acids varied according to both time of day and season, depending on food intake and composition. The molar proportions typical for concentrate selectors and grass and roughage eaters could be demonstrated for both species.

Roe deer are, in contrast to mouflon, more limited in their capacity to digest cellulose-containing plants due to the short particle retention times in the reticulorumen. Because the ingesta is retained only shortly in roe deer in spring and summer, there is not sufficient time for cellulose fermentation, even though cellulolytic enzymes are available in sufficient amounts. On the other hand, cellulose fermentation is limited in winter by the scarcity of cellulolytic enzymes in spite of a prolonged ingesta retention. Longer particle retention time in the reticulorumen of mouflon provides favourable conditions for cellulose fermentation in all seasons. The seasonally variable ingesta retention times in the gastro-intestinal-tract are an expression of the adaptation capacities of both species to the seasonally fluctuating food supply.

Literaturverzeichnis

- ABEL, H.J., FLACHOWSKY, G., JEROCH, H., MOLNAR, S.: Nutztierernährung, Potentiale - Verantwortung - Perspektiven. Stuttgart: Gustav Fischer, 1995, ISBN 3-334-60437-3
- ANONYM: Kaloriengehalt und Bestandteile des Milch einiger Säugetiere. Unsere Jagd 8, (1958) : 124
- BAUGATZ, CH., DEUTSCH, A., LECHNER-DOLL, M., STREICH, J.: Performance of hand reared roe deer (*Capreolus capreolus*) fawns. Z. Säugetierkunde 62, Suppl.2, (1997a) : 6-11
- BAUGATZ, CH., LECHNER-DOLL, M., STREICH, J.: Futterpräferenz und Verhalten von Rehen (*Capreolus capreolus*) und Mufflons (*Ovis ammon musimon*) unter Gehegebedingungen. Z. Säugetierkunde 62, Sonderheft, (1997b) : 5-6
- BERNARD, J.B., ULLREY, E., WOLFF, P.L.: Selecting appropriate markers for digestibility studies. Proc. Ann. Conf. Nutr. Advisory Group (NAG) 1, (1995) : 203-206
- BINNERTS, W.T., VAN'T KLOOSTER, A.TH., FRENS, A.M.: Soluble chromium indicator measured by atomic absorption in digestion experiments. Veterinary Record 82, (1968) : 470
- BOOMKER, E.A.: Aspects of fermentative digestion in the kudu, *Tragelaphus strepsiceros*. Proc. of the Internat. Symp. on Wild and Domestic Ruminants in Extensive Land Use Systems, Berlin, 03.-04.10.1994, Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen-Fakultät Berlin, Heft 2, (1995) : 27-33
- BORG, K.: On mortality and reproduction of roe deer in Sweden during the period 1948 - 1969. Swedish Wildlife 7, (1970) : 121-149
- BRIEDERMANN, L.: Unser Muffelwild. Morschen-Heina: Neumann-Neudamm, 1993, ISBN 3-7888-0653-2
- BUBENIK, A.: Grundlagen der Wildernährung. Berlin: DBV, 1959
- CLAUSS, M.: Feeding giraffe (*Giraffa camelopardis*). Masterarbeit, University of London, 1998
- CLAUSS, M., LECHNER-DOLL, M., DEUTSCH, A., LASON, K., LANG, D.: Investigations on the flotation characteristics of roe deer reticulorumen contents and particle size distribution in rumen contents and faeces. (zu Publikation eingereicht) (1999)
- COMBS, D.K., SHAVER, R.D., SINGH, N., SATTER, L.D.: Effects of application procedure, pH and microbial growth on retention of ytterbium or cerium by brome hay. Can. J. Anim. Sci. 64, Suppl., (1984) : 66-67

- COOMBE, J.B., KAY, R.N.B.: Passage of digesta through the intestines of the sheep-Retention times in the small and large intestines. Br. J. Nutr. 19, (1965) : 325-338
- DEUTSCH, A.: Aktivität cellulolytischer Enzyme im Vormagen- und Dickdarminhalt von Rehen (*Capreolus capreolus*). Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin, 1995
- DEUTSCH, A., LECHNER-DOLL, M., WOLF, G.A.A.: Activity cellulolytic enzymes in the contents of reticulorumen and caecocolon of roe deer (*Capreolus capreolus*). Comp. Biochem. Physiol A 119/4, (1998) : 925-930
- DISSEN, J.: Untersuchungen über die Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen verschiedener Futterrationen an Rehwild (*Capreolus c. capreolus* L.) und Ziegen (*Capra a. hircus* L.) sowie Beobachtungen über das Äsungsverhalten von Gehege-Rehen. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 1983
- DRESCHER-KADEN, U., SCHULZ, V., GROPP, J.: Die mutterlose Aufzucht von Rehkitzen mit verschiedenen Milchaustauschfüttertypen. Tierärztliche Umschau, 8, (1972) : 396-402
- DRESCHER-KADEN, U.: Untersuchungen am Verdauungstrakt von Reh, Damhirsch und Mufflon, Mitteilung 1: Gewichtserhebungen und Kapazitätssmessungen am Verdauungstrakt, insbesondere am Pansen-Haubenraum von Reh, Damhirsch und Mufflon. Z. Jagdwiss. 22, (1976) : 184-190
- DRESCHER-KADEN, U., SEIFELNASR, E.A.: Untersuchungen am Verdauungstrakt von Reh, Damhirsch und Mufflon, Mitteilung 4: Fermentationsprodukte im Pansen von Reh, Damhirsch und Mufflon. Z. Jagdwiss. 23, (1977) : 126-131
- DRESCHER-KADEN, U.: Vergleichende Untersuchungen zur Nahrungswahl von Gams- und Rotwild unter besonderer Berücksichtigung der mikrobiellen Besiedlung und der Verdauungsvorgänge im Pansen. Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung 12, Hamburg, Berlin: Paul Parey, 1981 ISBN 3-490-41215-X
- DUNCAN, P., TIXIER, H., HOFMANN, R.R., LECHNER-DOLL, M.: Feeding strategies and the physiology of digestion in roe deer. In: Andersen, R., Duncan, P., Linnell, J.D.C. (eds.): The European Roe Deer: The Biology of Success. Oslo, Stockholm, Copenhagen, Oxford, Boston: Scandinavian University Press, 1998 : 91-116
- EHLE, F.R.: Influence of feed particle density on particulate passage from rumen of Holstein cow. J. Dairy Sci. 67, (1984) : 693-697
- ELLENBERG, H.: Beiträge zur Ökologie des Rehes (*Capreolus capreolus* L.) - Daten aus den Stammhamer Versuchsgehegen. Dissertation, Kiel, 1974
- ENGELHARDT, W.VON: Radioactive reference substances in gastro-intestinal studies. In: Tracer techniques in tropical animal production. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 1974 : 111-124

- FAICHNEY, G.J.: The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants In: McDonald, I.W., Warner, A.C.I. (eds.): Digestion and Metabolism in the ruminant. Armidale, New South Wales, Australia: University of New England Publishing Unit, 1975 : 277-291
- FAICHNEY, G.J.: The kinetics of particulate matter in the rumen. In: Milligan, L.P., Grovum, W.L., Dobson, A. (eds.): Control of digestion and metabolism in ruminants. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey: Reston Book, 1986 : 173-195
- GORDON, I.J., ILLIUS, A.W.: The functional significance of the browser-grazer dichotomy in African ruminants. *Oecologia* 98, (1994) : 167-175
- GRASCHEW, I.I., GALANZEW, W.P.: Physiologie der Laktation (russ.) Leningrad: Nauka, 1973
- GROSS, J.E., ALKON, P.U., DEMMENT, M.W.: Nutritional ecology of dimorphic herbivores: digestion and passage rates in Nubian ibex. *Oecologia* 107, (1996) :170-178
- GROVUM, W. L., WILLIAMS, V. J.: Rate of passage of digesta in sheep. IV. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from changes in concentration of marker in faeces. *Br. J. Nutr.* 30, (1973) : 313-329
- GROVUM, W.L., WILLIAMS, V.J.: Rate of passage of digest in sheep. VI. The effect of level of food intake on mathematical predictions of the kinetics of digesta in the reticulorumen and intestines. *Br. J. Nutr.* 38, (1977) : 425-436
- HELLER, R., LECHNER, M., WEYRETER, H., ENGELHARDT, W.VON: Forestomach fluid volume and retention of fluid and particles in the gastrointestinal tract of the camel (*Camelus dromedarius*). *J. Vet. Med. A* 33, (1986a) : 396-399
- HELLER, R., CERCASOV, V., ENGELHARDT, W.VON: Retention of fluid and particles in the digestive tract of the Llama (*Lama guanacoe f. glama*). *Comp. Biochem. Physiol. A* 83, (1986b) : 687 - 691
- HENNIG, U., VOIGT, J., DITTRICH, G.: Ergebnisse botanischer und chemischer Analysen des Inhaltes der Vormägen erlegter Rehe. 3. Wissenschaftl. Kolloquium "Wildbiologie und Wildbewirtschaftung" 2, (1984) : 526-548
- HOFMANN, R.R., STEWART, D.R.M.: Grazer or browser: a classification based on the stomach-structure and feeding habits of East African ruminants. *Mammalia* 36, (1972) : 226-240
- HOFMANN, R.R.: The ruminant stomach (stomach structure and feeding habits of East African game ruminants). *East Afric. Monogr. Biol. Vol. 2* Nairobi: Kenya Literature Bureau, 1973
- HOFMANN, R.R., GEIGER, G., KÖNIG, R.: Vergleichend-anatomische Untersuchungen an der Vormagenschleimhaut von Rehwild und Rotwild. *Z. Säugetierkunde* 41, (1976) : 167-193
- HOFMANN, R.R., SCHNORR, B.: Die funktionelle Morphologie des Wiederkäuer-

Magens. Stuttgart: Enke, 1982, ISBN 3-432-88081-2

- HOFMANN, R.R.: Digestive Physiology of the Deer - Their Morphophysiological Specialisation and Adaptation. In: Drew, K., Fennessy, P. (eds.): Biology of Deer Production. Wellington, New Zealand: Royal Society of New Zealand, Bulletin 22, 1985 : 393-407
- HOFMANN, R.R.: Morphophysiological evolutionary adaptations of the ruminant digestive system. In: Dobson, A., Dobson, M.J. (eds.): Aspects of digestive physiology in ruminants. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1988 : 1-20
- HOFMANN, R.R.: Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: A comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78, (1989) :443-457
- HOFMANN, R.R.: Die morphologische Anpassung des Verdauungsapparates des Rehs, seine evolutionäre Differenzierung und jahreszeitlichen Veränderungen. In: Hofmann, R.R., Pielowski, Z. (eds.), Deutsch-Polnisches Rehwild-Symposium. 21, Melsungen: Neumann-Neudamm, 1993 : 15-22
- HOLAND, O.: Winter digestive strategy of a concentrate selector in Norway: the European roe deer. *Can. J. Zool.* 70, (1992) : 1331-1335
- HOLAND, O.: Seasonal dynamics of digestion in relation to diet quality and intake in European roe deer (*Capreolus capreolus*) *Oecologia* 98, (1994) : 274-279
- HOLAND, O., MYSERUD, A., WANNAG, A., LINNELL, J.D.C.: Roe deer in northern environments: physiology and behaviour. In: Andersen, R., Duncan, P., Linnell, J.D.C. (eds.): The European roe deer: the biology of success. Oslo, Stockholm, Copenhagen, Oxford, Boston: Scandinavian University Press, 1998 :117-137
- HOLLEMAN, D.F., WHITE, R.G.: Determination of digesta fill and passage rate from nonabsorbed particulate phase markers using the single dosing method. *Can. J. Zool.* 67, (1989) : 488-494
- HOPPE, P.P.: Rumen fermentation and body weight in African ruminants. In: Peterle, T.J. (ed.): Proc. XIIIth Internat. Congress of Game Biologists. Washington, D.C.: Wildlife Society, 1977 : 141-150
- ILLIUS, A.W., GORDON, I.J.: Modelling the nutritional ecology of ungulate herbivores: evolution of body size and competitive interactions. *Oecologia* 89, (1992) : 428-434
- JANIS, C.: The evolutionary strategy of the equidae and the origins of rumen and cecal digestion. *Evolution* 30, (1976) : 757-774
- JENNESS, R., SLOAN, R.E.: The composition of milks of various species: a review. *Dairy Sci. Abstr.* 32, (1972) : 599-612
- JIANG, Z., HUDSON, R.J.: Digestive responses of wapiti (*Cervus alaphus canadensis*) to seasonal forages. *Acta Theriologica* 41, (1996) : 415-423

- KASKE, M.: Die Retention von Partikeln unterschiedlicher Dichte und Größe im Retikulorum von Schafen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 1987
- KAY, R.N.B., ENGELHARDT, W.VON, WHITE, R.G.: The digestive physiology of wild ruminants. In: Ruckebusch, Y., Thivend, P. (eds.): Digestive physiology metabolism in ruminants. Lancaster: MTP Press, 1980 : 743-761
- KAY, R.N.B.: Comparative studies of food propulsion in ruminants. In: Ooms, L.A.A., Degryse, A.D., Miert, A.S.J.P.A.M.v. (eds.): Physiological and pharmacological aspects of the reticulo-rumen. Dordrecht, Boston, Lancaster: Martinus Nijhoff Publishers, 1987, : 155-170
- KELLNER, H.: Untersuchungen an Gamsen (*Rupicapra rupicapra*) über den Ablauf des Fermentationsgeschehens insbesondere die Bildung kurzkettiger Fettsäuren im Vormagensystem. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, 1976
- KÖNIG, R.: Die Reproduktionsquote beim europäischen Rehwild. In: Hofmann, R.R., Pielowski, Z. (Hrsg.): Rehwild-Symposium, Schriften des Arbeitskreises Wildbiologie an der Justus-Liebig-Universität Gießen e. V. 21, (1993) : 75-92
- KOTB, A.R., LUCKEY, T.D.: Markers in nutrition. Nutr. Abstr. Rev. 42, (1972) : 813-845
- KRAKOW, L.: Untersuchungen (RUSITEC-System) zum Einfluß von Magnesiumoxid auf Fermentationsvorgänge im Panseninhalt des Rindes. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 1992
- KURT, F.: Das Reh in der Kulturlandschaft. Hamburg, Berlin: Paul Parey, 1991, ISBN 3-490-17618-9
- LANGBEIN, J., SCHEIBE, K.M., EICHHORN, K., LINDNER, U., STREICH, W.J.: An activity-data-logger for monitoring free-ranging animals. Applied Animal Behaviour Science 48, (1996) : 115-124
- LANGBEIN, J., SCHEIBE, K.M., EICHHORN, K.: Verhaltensmuster und Budgets einzelner Verhaltensweisen bei freilebenden europäischen Wildschafen (*Ovis ammon musimon* Pallas, 1811). Z. Jagdwiss. 43, (1997) : 35-47
- LECHNER-DOLL, M.: Selektive Retention von Futterpartikeln verschiedener Größe im Magen-Darminhalt von Kamelen im Vergleich mit Rindern und Schafen im Sudan. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 1986
- LECHNER-DOLL, M., ENGELHARDT, W.VON.: Particle size and passage from the forestomach in camels compared to cattle and sheep fed a similar diet. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 61, (1989) : 120 - 128
- LECHNER-DOLL, M., RUTAGWENDA, T., SCHWARTZ, H.J., SCHULTKA, W., ENGELHARDT, W.VON: Seasonal changes of ingesta mean retention time and forestomach fluid volume in indigenous camels, cattle, sheep and goats grazing a thornbush savannah pasture in Kenya. J. Agric. Sci. Camb. 115,

(1990) : 409-420

- LECHNER-DOLL, M., KASKE, M., ENGELHARDT, W. V.: Factors affecting the mean retention time of particles in the forestomach of ruminants and camelids. *Proc. Int. Symp. Ruminant Physiol.* 7, (1991a) : 455-482
- LECHNER-DOLL, M., BECKER, G., ENGELHARDT, W.VON: Short chain fatty acids in the forestomach of camels and indigenous cattle, sheep and goats and in the caecum of donkeys grazing a thornbush savannah pasture. *Proceedings of an international symposium on nuclear and related techniques in animal production and health*, Vienna, (1991b) : 253-268
- LOCHMANN, J.: Informative Übersicht der Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Physiologie der Ernährung beim Edel- und Rehwild in der Tschechoslowakei. *Communicationes*, Praha 2, (1961) : 53-58
- MACRAE, J.C.: The use of intestinal markers to measure digestive function in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 33, (1974) : 147-154
- MERCHEN, N.R.: Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: Church, D.C. (ed.): *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1988 : 172-201
- NYGREN, K., HOFMANN, R.R.: Seasonal variations of food particle size in moose. *Alces* 26, (1990) : 44-50
- PINTER, H.: Beobachtungen bei der künstlichen Aufzucht von Rehkitzen. *Z. Jagdwiss.* 9, (1963) : 69-73
- POPPI, D.P., NORTON, B.W., MINSON, D.J., HENDRICKSEN, R.E.: The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 94, (1980) : 275-280
- PRINS, R.A., GEELLEN, M.J.H.: *J. Wildl. Mgmt.* 35, (1971) : 673-680
- RAESFELD, F.VON., NEUHAUS, A.H., SCHAICH, K.: *Das Rehwild - Naturgeschichte*, Hege und Jagd. 9. Auflage, Berlin: Parey, 1985, ISBN 3-490-40612-5
- RENECKER, L.A., HUDSON, R.J.: Digestive kinetics of moose (*Alces alces*), wapiti (*Cervus elaphus*) and cattle. *Anim. Prod.* 50, (1990) : 51-61
- ROBBINS, CH.T., SPALINGER, D.E., HOVEN, W.VON: Adaptation of ruminants to browse and grass diets: are anatomical-based browser-grazer interpretations valid? *Oecologia* 103, (1995) : 208-213
- ROWELL-SCHÄFER, A.: *Physiologische Besonderheiten der Kohlenhydrat- und Fettverdauung bei Wiederkäuern verschiedenen Ernährungstyps*. Dissertation, Freie Universität Berlin, 1999
- RUTAGWENDA, TH.: Adaptation of indigenous sheep and goats to seasonal changes of forage on a semi-arid thornbush savannah in northern Kenya. Dissertation Tierärztliche Hochschule Hannover 1989

- SCHMIDT-PAULY, W.: Die Auswirkungen der Handaufzucht auf das Verhalten von Rehen (*Capreolus capreolus*) Dissertation. München, 1979
- SHORT, H.L.: Forage digestibility and diet of deer on southern upland range. J. Wildl. Mgmt. 35, (1971) 4, : 698-706
- STUBBE, CH.: Biotop, Zuwachs, Tagesrhythmus, Rudelbildung und sonst. Verhalten des Muffelwildes. Beitr. z. Jagd- und Wildforschung 9, (1975) : 165-178
- STUBBE, CH.: Rehwild. Biologie, Ökologie , Bewirtschaftung. 4. neubearbeitete Auflage, Berlin: Parey, 1997
- STUBBE, I., STUBBE, W.: Körpermaße und Gewichtsentwicklung des Harzer Muffelwildes. Beitr. z. Jagd- und Wildforschung 10, (1977a) : 113-126
- STUBBE, I., STUBBE, W.: Über die Zusammensetzung der Milch des Muffelwildes. Beitr. z. Jagd- und Wildforschung 10, (1977b) : 134-138
- SUTHERLAND, T.: Particle separation in the forestomach of sheep. In: Dobson, A., Dobson, M.J. (eds.): Aspects of digestive physiology in ruminants. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1988 : 43-73
- TATARUCH, F., ONDERSCHEKA, K.: Gehalt an Ammoniak und flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft von Rot-, Reh- und Gamswild. Wien. Tierärztl. Mschr. 80, (1993) : 269-274
- THIELEMANS, M.F., FRANCOIS, E., BODART, C., THEWIS, A.: Mesure du transit gastrointestinal chez le porc à l' aide des radiolanthanides. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 18, (1978) : 237-247
- TIXIER, H., DUNCAN, P., SCEHOVIC, J., YANI, A., GLEIZES, M., LILA, M.: Food selection by European roe deer: effects of plant chemistry, and the consequences for the nutritional value of their diets. J. Zool. London 242, (1997) 229-245
- TOEPFER, I.: Milchzusammensetzung vom Reh (*Capreolus c. capreolus* L.). Zool. Garten 43, (1973) : 147
- TOMICZEK, H., TÜRCKE, F.: Das Muffelwild, Naturgeschichte, Hege, Jagd. 3. Auflage, Hamburg: Parey, 1995
- TREICHLER, J., NOGAI, K., STAHLHUT-KLIPP, H.: Beitrag zur Zusammensetzung der Rehmilch. Dtsch. tierärztl. Wschr. 81, (1974) : 189-191
- UDÉN, P., COLUCCI, P.E., VAN SOEST, P.J.: Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. J. Sci. Food Agric. 31, (1980) : 625-632
- VAN SOEST, P.J.: Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. J. Anim. Sci. 24, (1965) : 834-843

- VAN SOEST, P.J., JERACI, J., FOOSE, T., WRICK, K., EHLE, F.: Comparative fermentation of fibre in man and other animals. In: Wallace, G., Bells, L. (eds.): Fibre in human and animal nutrition. Wellington, New Zealand: Royal Society of New Zealand, Bulletin 20 1983, : 75-80
- VAN SOEST, P.J., SNIFFEN, C.J., ALLEN, M.S.: Rumen dynamics. In: Dobson, A., Dobson, M.J. (eds.): Aspects of digestive physiology in ruminants. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1988 : 21-42
- VAN SOEST, P.J.: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed., Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994, ISBN 0-8014-2772-X
- WARNER, A.C.: Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. Nutr. Abstr. Rev. 51 B, (1981), 12, : 789-820
- WELZ, B., SPERLING, M.: Atomabsorptionsspektrometrie 4. Auflage, Weinheim: Wiley-VCH, 1997, ISBN 3-527-28305-6
- WÖLFEL, H.: Umsorgt, umhegt - zu Tode gepflegt. Niedersächsischer Jäger 7, (1993) : 360-365

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. A. Elepfandt für die konstruktive Unterstützung bei der Bearbeitung des vorliegenden Themas bedanken.

Bei Herrn Prof. Dr. R. R. Hofmann möchte ich mich vor allem dafür bedanken, daß er mir die Arbeitsmöglichkeit am Institut für Zoo- und Wildtierforschung in Berlin zur Verfügung stellte und mir die Möglichkeit gab, die Tiere nach dem Versuch im Wildpark Johannismühle bei Baruth und in Zossen unterzubringen. Meinem Betreuer, Herrn Dr. M. Lechner-Doll, der die Tiere operierte und tierärztlich betreute sei herzlichst gedankt. Aber auch für seine fachlichen und sprachlichen Hinweise beim Anfertigen der Arbeit möchte ich mich bedanken.

Mein Dank gilt auch Frau Dr. Ch. Baugatz und Herrn P. Baumann für die Unterstützung bei der Handaufzucht und beim Fangen der Mufflons für die Markereingabe, Frau B. Klein für die Durchführung eines Markerversuches an den von Ihr handaufgezogenen Jungtieren, sowie Frau K. Lason und M. Clauss für die Hilfe bei der Beschaffung von Literatur.

Weiterhin bedanke ich mich herzlich bei Frau H. Barleben für die Analyse der flüchtigen Fettsäuren und die jederzeitige Unterstützung im Labor, bei Frau A. Kissmann, die Hilfe bei der Probenaufarbeitung gab, bei Frau D. Lang für die Herstellung der Cr-markierten Partikel und bei Herrn Dr. W. J. Streich, der mich bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse unterstützte.

Nicht zuletzt gilt ein Dankeschön meinen Eltern und meinem Ehemann, Frank Behrend, für die Korrekturlesung und dafür, daß sie mir in schwierigen Situationen immer wieder Mut gemacht haben.

Lebenslauf

Name, Vorname: Behrend, geb. Deutsch, Anke
geboren am: 12. Februar 1970
geboren in: Schwedt/Oder
Familienstand: verheiratet

Schulausbildung

1976 - 1986 11. Polytechnische Oberschule in Schwedt/Oder
1986 - 1989 Berufsausbildung mit Abitur in Neuenhagen bei Berlin
Juni 1989 Facharbeiterabschluß (FA für Pflanzenproduktion) und
Abiturabschluß mit "Auszeichnung"

Studium

1989 - 1991 Studium an der Humboldt-Universität zu Berlin,
Sektion Pflanzenproduktion mit Vordiplomsabschluß
1991 - 1995 Studium an der Humboldt-Universität zu Berlin,
Sektion Biologie
Abschluß: Diplombiologin mit Gesamtbewertung "sehr gut"
1996 - 1999 Wissenschaftliche Arbeit im Institut für Zoo- und
Wildtierforschung (IZW) zur Erstellung einer Dissertation

Berlin, den 15.09.1999

Anke Behrend

Publikationen, Poster und Vorträge

Baugatz, Ch., Deutsch, A. (1995): Zufutterraufnahme (November - Mai) von Rehwild (*Capreolus capreolus* L.) in Gehegen, 69. Jahrestagung Dtsch. Ges. Säugetierkd., Göttingen, 24.-29.09.1995. Z. Säugetierkd, 60 (Sonderh.), 5-6

Deutsch, A. (1995): Aktivität cellulolytischer Enzyme im Vormagen- und Dickdarminhalt von Rehen (*Capreolus capreolus* L.), Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Biologie, Diplomarbeit

Lechner-Doll, M., Deutsch, A., Wolf, G.A.: Celluloseverdauung beim Reh (*Capreolus capreolus*). 12. Tagung der Fachgruppe Physiologie und Biochemie der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, Hannover, 10.-12.03.1996

Baugatz, Ch., Deutsch, A., Lechner-Doll, M., Streich, W. J.: Performance of hand reared roe deer fawns. 1 st International Symposium on Physiology and Ethology of Wild and Zoo Animals, Berlin, 18.-21.09.1996, Schriftenreihe aus dem Institut für Zoo- und Wildtierforschung (im Forschungsverbund Berlin e.V.), 1, 4a

Baugatz, Ch., Deutsch, A., Lechner-Doll, M., Streich, W. J. (1997): Performance of hand-reared roe deer fawns. Z. Säugetierkd. 62 Suppl. II, 6-11.

Deutsch, A., Lechner-Doll, M.: Cellulolytic activity in reticulorumen and caecocolon of roe deer (*Capreolus capreolus*). XXV. Int. Ethol. Conf. Viena, 20.-27. 08.1997. Adv. Ethol. 32, 4

Deutsch, A., Lechner-Doll, M.: Verweilzeit von Flüssigkeit im Magen-Darm-Kanal von Rehen (*Capreolus capreolus*) und Mufflons (*Ovis ammon musimon*) in Abhängigkeit vom Alter. 71. Jahrestagung Dtsch. Ges. Säugetierkd., Jena, 21.-25.09.1997, Z. Säugetierkd. 62 (Sonderh.), 9-10.

Deutsch, A., Baugatz, Ch.: Handaufzucht von Rehen (*Capreolus capreolus*) und Mufflons (*Ovis ammon musimon*). 71. Jahrestagung Dtsch. Ges. Säugetierkd., Jena, 21.-25.09.1997, Z. Säugetierkd. 62 (Sonderh.), 9.

Deutsch, A., Lechner-Doll, M.: Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darmkanal von Rehen (*Capreolus capreolus*) und Mufflons (*Ovis ammon musimon*). 13. Tagung der Fachgruppe Physiologie und Biochemie der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, Zürich, 16.-18.03.1998

Deutsch, A., Lechner-Doll, M. Wolf, G. A. (1998): Activity of cellulolytic enzymes in the contents of reticulorumen and caecocolon of roe deer (*Capreolus capreolus*). Comp. Biochem. Physiol. (A) 119, 925-930

Clauss, M., Deutsch, A., Lechner-Doll, M., Flach, E., Tack, C.: Passage rate of fluid and particle phase in captive giraffe (*Giraffa camelopardis*). 2 nd International Symposium on Physiology and Ethology of Wild and Zoo Animals, Berlin, 07.-10.10.1998, Adv. Ethol. 33, 98.

Deutsch, A., Lechner-Doll, M., Klein, B.: Mean retention time of fluid in the gastrointestinal tract of roe deer (*Capreolus capreolus*) and mouflon (*Ovis ammon musimon*) during the first weeks after birth. 2 nd International Symposium on Physiology and Ethology of Wild and Zoo Animals, Berlin, 07.-10.10.1998, Adv. Ethol. 33, 99.

Lechner-Doll, M., Deutsch, A., Lang, D., Rowell-Schäfer, A., Barleben, H.: Roe deer (*Capreolus capreolus*) as a model to study digestive strategies of selective ruminants. 2 nd International Symposium on Physiology and Ethology of Wild and Zoo Animals, Berlin, 07.-10.10.1998, Adv. Ethol. 33, 103.

Clauss, M., Lechner-Doll, M., Deutsch, A., Lason, K., Lang, D. (1999): Investigations on the flotation characteristics of roe deer reticulorumen contents and particle size distribution in rumen contents and faeces. (zur Publikation eingereicht).

Clauss, M., Lechner-Doll, M., Deutsch, A. (1999): On the comparative value of passage rate data: the selectivity factor as a measure for selective particle retention in ruminants. (zur Publikation eingereicht).

Berlin, den 15.09.1999

Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, daß ich die Arbeit selbständig und nur unter Zuhilfenahme der aufgeführten Hilfsmittel und Literaturquellen angefertigt habe.

Berlin, den 15.09.1999

Anke Behrend